

**ACTA
FACULTATIS
FORESTALIS
ZVOLEN**

**61/1
2019**

TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE

Vedecký redaktor / Executive editor:
doc. Dr. Mgr. Jaroslav Ďurkovič

Výkonný redaktor / Managing editor:
Ing. Martin Lieskovský, PhD.

Predseda redakčnej rady / Editor in Chief:
prof. h. c. prof. Dr. Ing. Viliam Pichler

Redakčná rada / Editorial board:
prof. Ing. Marek Fabrika, PhD.
prof. Ing. Peter Garaj, CSc.
prof. Ing. Iveta Hajdúchová, PhD.
prof. Ing. Matúš Jakubis, PhD.
prof. Ing. Valéria Messingerová, CSc.
doc. Ing. Karol Ujházy, PhD.
prof. Ing. Milan Saniga, DrSc.
prof. Ing. Jaroslav Škvarenina, CSc.

ACTA FACULTATIS FORESTALIS ZVOLEN 61 1/2019

Vydala Technická univerzita, T. G. Masaryka 2117/24, 960 01 Zvolen, IČO 00397440
Vydanie I. – jún 2019

Rozsah 64 strán

Náklad 100 výtlačkov

Tlač a grafická úprava: Vydavateľstvo TU vo Zvolene

Rukopis neprešiel jazykovou úpravou

Vydanie publikácie schválené Edičnou radou TU vo Zvolene dňa 4. 2. 2019, číslo EP
36/2019

Za vedeckú úroveň tejto publikácie zodpovedajú autori a recenzenti.

Periodikum s periodicitou dvakrát ročne.

Evidenčné číslo 3861/09

© Technická univerzita vo Zvolene
ISSN 0231-5785

Všetky práva vyhradené. Nijaká časť textu ani ilustrácie nemôžu byť použité na ďalšie šírenie akoukoľvek formou bez predchádzajúceho súhlasu autorov alebo vydavateľa.

OBSAH – CONTENTS – INHALT

Ján Židó – Erika Gömöryová: Zhodnotenie koncentrácie pôdneho organického uhlíka a dusíka v prirodzených smrekových ekosystémoch	7
Martin Belko – Ivan Repáč: Evaluation of effects of water-saving hydroabsorbent on bareroot and containerized Norway spruce (<i>Picea abies</i> [L.] Karst.) and European beech (<i>Fagus sylvatica</i> [L.]) plantation establishment in Strážovské vrchy Mts. one year after planting	23
Tomáš Trgala – Ivan Repáč: Pestovanie jednoročných voľnokorenných semenáčikov smreka obyčajného (<i>Picea abies</i> [K.] Karst.) v poloprevádzkových podmienkach v rašelinových substrátoch inokulovaných ektomykoríznymi prípravkami	41
Michal Bugala – Viera Ondrejová: Súčasný stav, variabilita kvalitatívnych znakov kmeňov, korún a zdravotný stav (poškodenie) prirodzených populácií jelše sivej (<i>Alnus incana</i> [L.] Moench.) v oblasti čergova	53

ZHODNOTENIE KONCENTRÁCIE PÔDNEHO ORGANICKÉHO UHLÍKA A DUSÍKA V PRIRODZENÝCH SMREKOVÝCH EKOSYSTÉMOCH

Ján ŽIDÓ – Erika GÖMÖRYOVÁ

ŽIDÓ, J., GÖMÖRYOVÁ, E.: Zhodnotenie koncentrácie pôdneho organického uhlíka a dusíka v prirodzených smrekových ekosystémoch. Acta Facultatis Forestalis, Zvolen

Pôdna organická hmota je zložitý, heterogénny súbor organických látok rozličného pôvodu, lišiacich sa vekom, molekulárnou štruktúrou, stabilitou, premenlivým zložením, rôznym stupňom disperzity, aktivít, a tým i vzhľadom k ostatným zložkám pôdnej hmoty či živým organizmom. Zohráva ústrednú úlohu v úrodnosti pôdy a fungovaní ekosystémov a môže byť citlivejším ukazovateľom meniacich sa environmentálnych podmienok než ostatné fyzikálne a fyzikálno-chemické vlastnosti pôdy.

Nakoľko významná časť pôdnej organickej hmoty je tvorená práve uhlíkom a dusíkom, cieľom práce bolo: 1/ posúdiť rozdiely v množstve uhlíka a dusíka, ako aj pomeru C/N medzi lokalitami v NPR Jánošíkova kolkáreň, Ďumbier, Smrekovica a Pilsko, 2/zhodnotiť množstvo uhlíka a dusíka, a C/N v rôznych hĺbkach pôdy; 3/ vyhodnotiť vplyv vybraných faktorov (nadmorská výška, expozícia, sklon, obsah skeletu, pH, hrúbková štruktúra porastu) na koncentráciu C, N a C/N. Vzorky boli odobraté spolu zo 61 zákopkov z hĺbky 0 – 10, 10 – 20 a 20 – 30 cm. V pôdnych vzorkách sa pomocou CNS analyzátoru VarioMACRO stanovila koncentrácia pôdneho C a N.

Všeobecne možno konštatovať, že najvyššia priemerná koncentrácia uhlíka a dusíka bola zistená v NPR Ďumbier s hodnotou 15,13 % a 0,79 % v hĺbke pôdy 0 – 30 cm, a naopak najnižšia na území Pilska s hodnotou 6,02 % pre uhlík a 0,34 % pre dusík. Na koncentráciu uhlíka, dusíka či pomer C/N má zo zisťovaných faktorov najvýznamnejší vplyv nadmorská výška, sklon, ale aj obsah skeletu. Naopak, expozícia len v nepatrnej miere ovplyvňuje nami pozorované parametre. Ďalej možno konštatovať, že so zväčšujúcou sa hĺbkou sa zväčšuje vplyv nadmorskej výšky a pH pôdy, ale vplyv sklonu svahu naopak klesá. Nárast celkového počtu stromov sa taktiež odrazil aj v náraste koncentrácie uhlíka a dusíka, významný vplyv môžeme pozorovať najmä pri stromoch s hrúbkou 32 – 44 cm.

Kľúčové slová: organická hmota, sekvestrácia uhlíka, dusík, pomer C/N, smrekový ekosystém, smrek obyčajný, *Picea abies* (Karst.),

ÚVOD

Dôležitosť uhlíka ako biogénneho prvku je založená na skutočnosti, že uhlík je nevyhnutný pre život organizmov. Uhlík sa prirodzene vymieňa medzi ekosystémami a atmosférou prostredníctvom biogeochemických cyklov (IPCC, 2000). Celosvetovým environmentálnym problémom je globálne otepľovanie v dôsledku klimatických zmien spôsobených emisiami skleníkových plynov (Šiška a kol., 2004). V centre pozornosti je preto zníženie koncentrácie CO₂ v atmosfére prostredníctvom sekvestrácie uhlíka.

Sekvestrácia uhlíka predstavuje dôležitý nástroj na odstraňovanie CO₂ z atmosféry a jeho následné uloženie do zásobární s dlhou životnosťou, napríklad do geologických, oceánskych, nadzemnej a podzemnej rastlinnej biomy či do relatívne stabilných foriem organického alebo anorganického uhlíka v pôde alebo v pôdnych mikroorganizmoch (LAL, 2001). Lesné pôdy na severnej pologuli nepochybne zohrávajú dôležitú úlohu pri udržiavaní rovnováhy skleníkových plynov. V lesných pôdach Európy sa sekvestruje zhruba 1,5-krát viac uhlíka ako v stromoch. Zásoby pôdneho organického uhlíka v lesných ekosystémoch predstavujú takmer 85 % zásob terestriálneho uhlíka v boreálnych lesoch, 60 % v lesoch mierneho pásma a 50 % v dažďových pralesoch (TOBIAŠOVÁ a kol., 2). Preto možno očakávať, že sa dôležitosť lesných pôd v uhlíkovom cykle v budúcnosti ešte zvýši (BARITZ a kol., 2010).

Približne 25 % celkového množstva pôdneho organického uhlíka (SOC) sa vyskytuje v horizonte O alebo A, 50 % v minerálnej pôde do hĺbky 1 m a zvyšných 25 % v hĺbke 1 až 2 m (OLSSON, 2002). Vo väčšine pôd obsah organického uhlíka klesá od pôdneho povrchu smerom do hĺbky, avšak aj hlbšie horizonty môžu disponovať vysokou kapacitou pre uskladnenie značného množstva SOC (DON a KALBITZ, 2005). Vertikálne rozloženie SOC taktiež ovplyvňuje vegetácia. Priestorová distribúcia koreňov ovplyvňuje vertikálne umiestnenie C v pôde, nadzemná a podzemná alokácia uhlíka ovplyvňuje relatívne množstvo C, ktoré spadne na povrch pôdy vo forme opadu (JOBÁGY, JACKSON, 2000).

Sekvestrácia uhlíka v pôde je založená na humifikácii, vytváraní organominerálnych komplexov, uvoľňovaní anorganického uhlíka vo forme hydrogénuhličitanov do podzemnej vody a presune biomasy do nižších horizontov hlbokými koreňmi (LAL, 2001). Tento proces závisí nielen od klimatických podmienok (zrážok, teploty a slnečného žiarenia), ale aj od podmienok fyziografických (nadmorská výška, sklon, tvar terénu a expozícia) a vo významnej miere od drevín. Pôdna organická hmota (SOM) je teda silne prepojená s rôznymi faktormi, vrátane teploty, vlhkosti, vlastností pôdy a topografie (JOHNSON 1992; SIX a JASTROW, 2002). Posun hodnôt jedného faktora iniciuje zmeny v hodnotách iného faktora, ktoré ovplyvnia príslušný transformačný proces (TOBIAŠOVÁ a kol., 2016).

Obsah SOC v lesných pôdach v porovnaní s pôdami poľnohospodárskymi je omnoho premenlivejší, a to v dôsledku prítomnosti drevín. Ich vplyv sa odráža najmä v redistribúcii živín v oblasti rizosféry, syntéze a inpute rôznych látok na povrch pôdy a do jeho najvrchnejších horizontov (GÖMÖRYOVÁ a PICHLER, 2009). Vysoká priestorová variabilita obmedzuje zisťovanie krátkodobých zmien v zásobách SOC (POST a kol., 2001), keďže rozdiely sa v dôsledku vysokej variability nemusia nutne prejaviť.

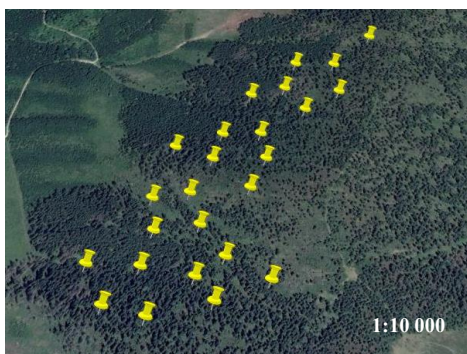
V súčasnosti areál prirodzených, človekom neovplyvnených biogeocenóz je pomerne úzky. Práve tieto areály poskytujú ideálne možnosti pre štúdium vlastností pôd a rôznych procesov, ktoré v nich prebiehajú, nakoľko je tu predpoklad zachovania prirodzeného kolobehu látok, hoci ani tu sa nedá úplne vylúčiť antropogénny vplyv (GÖMÖRYOVÁ a PICHLER, 2009). Hlavným cieľom tejto práce bolo zhodnotiť množstvo uhlíka a dusíka v pôdach prírodných smrekových ekosystémov, ako i faktory, ktoré vplývajú na jeho

variabilitu. Prírodné ekosystémy predstavujú akési „prírodné laboratórium“, umožňujúce študovať okrem iného aj pôdu, ktorá sa tu vyvíja spontánne, bez výraznejšieho antropogénneho vplyvu. Pre účely tejto práce sa vybrali lokality v štyroch NPR a to Jánošíková kolkáreň, Smrekovica, Ďumbier a Pilsko. Na uvedených lokalitách sme sa snažili: 1/ posúdiť rozdiely v množstve uhlíka a dusíka, ako aj pomeru C/N medzi jednotlivými lokalitami; 2/zhodnotiť množstvo uhlíka a dusíka, a C/N v rôznych hĺbkach pôdy; 3/ vyhodnotiť vplyv vybraných faktorov (nadmorská výška, expozícia, sklon, obsah skeletu, pH, hrúbková štruktúra) na koncentráciu C, N a C/N.

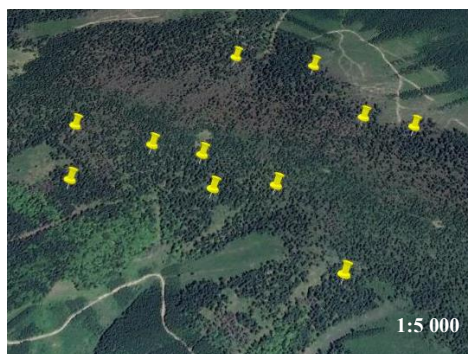
2. MATERIÁL A METODIKA PRÁCE

2.1 Výber plôch a odber vzoriek

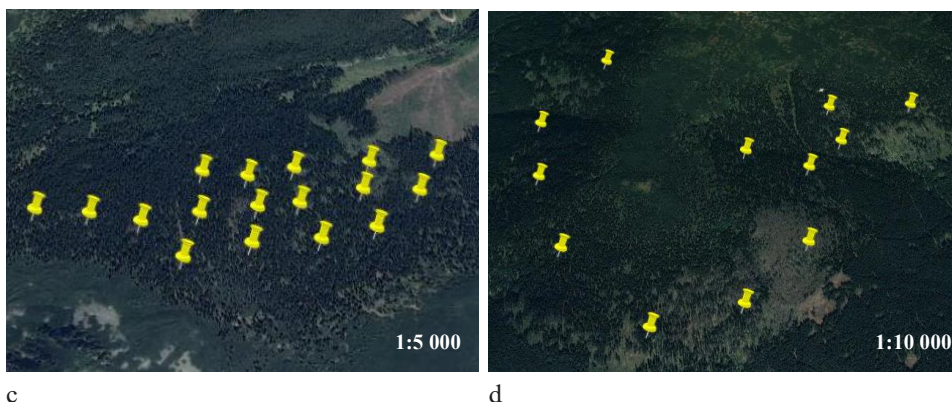
Výskumné plochy boli založené v 7. vegetačnom stupni v rôznych pohoriach na území Slovenska (Veľká Fatra, Nízke Tatry a Pilsko). Tieto plochy boli vybraté pracovníkmi z Lesníckej fakulty ČZU v Prahe (prof. Ing. Miroslav Svoboda, PhD. a kolektív) pre výskum pralesov. Na každej ploche bolo odkrytých niekoľko profilov v sieti uvedenej na obr. 1a – d, pričom išlo o stratifikovaný náhodný výber. Po odkrytí pôdneho profilu sa urobil opis morfológických charakteristík, v rámci ktorého sa stanovil aj obsah skeletu odhadom ako relatívny podiel plochy skeletu z celkovej plochy pôdneho profilu. Na základe morfológických znakov sa potom určil pôdny typ podľa MKSP Slovenska (SOCIETAS PEDOLOGICA SLOVACA, 2014). Na každom odberovom mieste boli následne realizované odbery pôdnych vzoriek pre stanovenie koncentrácie uhlíka a dusíka. Vzorky pôdy o hmotnosti cca. 500 g sa odoberali z horných 30 cm pôdneho profilu v 10 cm intervaloch.



a



b



Obr. 1 a-d Odberné miesta v NPR Jánošíkova kolkáreň (A), Smrekovica (B), Ďumbier (C) a Pilsko (D)
 Fig. 1 a-d Sampling points at the locality Jánošíková kolkáreň (A), Smrekovica (B), Ďumbier (C) and Pilsko (D)

Jánošíková kolkáreň

V tejto lokalite bolo odkrytých 24 zákopkov. Odberné miesta sa nachádzali v nadmorskej výške od 1223 do 1397 m n. m. V danej lokalite prevládala severozápadná expozícia a priemerný sklon svahu bol 29%. Na ploche prevládali podzoly (46%) a kambizeme (38%), no vyskytli sa tu aj rankrové pôdy (16%). Na ploche dominovala prirodzená smrečina, ojedinele sa vyskytla aj jarabina vtáčia.

Smrekovica

V tejto lokalite bolo odkrytých 10 zákopkov. Odberné miesta sa nachádzali v nadmorskej výške od 1334 do 1437 m n. m. V danej lokalite prevládala južná expozícia a priemerný sklon svahu bol 28%. Prevládajúcim pôdnym typom bol podzol (73 %), no vyskytli sa tu aj rankrové pôdy (18%) a kambizeme (9 %). Na území Smrekovice dominovala prirodzená smrečina, ojedinele sa vyskytla aj jarabina vtáčia, javor horský alebo buk obyčajný.

Ďumbier

V tejto lokalite bolo odkrytých 16 zákopkov. Odberné miesta sa nachádzali v nadmorskej výške od 1435 do 1535 m n. m. V danej lokalite prevládala juhozápadná expozícia a priemerný sklon svahu bol 14%. Prevládajúcim pôdnym typom bol podzol

(53%), potom rankrové pôdy (29%) a vyskytli sa tu aj kambizeme (18 %). V danej lokalite dominovala prirodzená smrečina, no vyskytla sa tu aj jarabina vtáčia.

Pilsko

V tejto lokalite bolo odkrytých 11 zákopkov. Odberné miesta sa nachádzali v nadmorskej výške od 1258 do 1398 m n. m. V danej lokalite prevládala juhozápadná expozícia a priemerný sklon svahu bol 21 %. Prevládajúcim pôdnym typom bol podzol (92 %), no vyskytla sa tu aj kambizem (8 %). Na území Pilska dominovala prirodzená smrečina.

2.2 Laboratórne analýzy

Odobraté vzorky sa nechali voľne vysušiť pri izbovej teplote. Následne sa zo vzoriek štandardným preosievaním cez 2 mm sito pripravila jemnozeme (frakcie < 2 mm).

Koncentrácia organického uhlíka a celkového dusíka sa stanovila pomocou elementárneho analyzátoru CNS Vario Macro.

Hodnoty pôdnej reakcie sa zisťovali potenciometricky, pomocou pH-metra. Do plastových fliaš sme navážili 10 g jemnozeme a pridali 25 ml destilovanej vody. Hydrosuspenziu sme dôkladne pretrepali a nechali stáť. Po uplynutí 24 hod. sme zmerali pôdnu reakciu pomocou pH-metra.

2.3 Analýza dát

Pri anlyze vplyvu vybraných faktorov na koncentráciu C, N a C/N boli údaje o nadmorských výškach, expozície, sklone svahu, drevinovej a hrúbkovej štruktúre porastu prevzaté od pracovníkov Lesníckej fakulty ČZU v Prahe.

Pre analýzu našich údajov sme použili štatistický a analytický softvér STATISTICA StatSoft. Na hodnotenie vplyvu jednotlivých faktorov sme použili analýzu variancie. V práci sme porovnávali súbory údajov o koncentrácii organického uhlíka a dusíka ako i pomeru C/N v pôde (závislé premenné) v štyroch lokalitách a troch hĺbkach (nezávislé premenné). Následne sme použili Tukeyho post hoc test (viacnásobný porovnávací test) na zistenie, kde sú rozdiely medzi údajmi všetkých skupín, t.j. ktoré vzorky v skupine sú významne odlišné od všetkých ostatných údajov.

Pre hodnotenie korelácií medzi koncentráciou C, N a C/N na jednej strane a stanovištnými faktormi, pH a obsahom skeletu, štruktúrou porastu na strane druhej sa použil Pearsonov korelačný koeficient.

3. VÝSLEDKY

3.1 Zmena hodnôt sledovaných ukazovateľov v závislosti od plochy a hĺbky odberu

Všeobecne možno konštatovať, že najvyššia koncentrácia uhlíka bola na Ďumbieri s hodnotou 15,13 %. Naopak najnižšia koncentrácia uhlíka bola na území Pilska s hodnotou 6,02 %, no medzi touto hodnotou a hodnotami z Jánošíkovej kolkárne či Smrekovice sa štatisticky významný rozdiel nepotvrdil. Zhodné výsledky analýz vyšli aj pre koncentrácie dusíka, kde najvyššia koncentrácia dusíka bola na Ďumbieri s hodnotou 0,79 % a naopak najnižšia koncentrácia dusíka bola na území Pilska s hodnotou 0,34 %.

Pri pomere C/N, ktorý bol najvyšší na Ďumbieri (19,65), bola zistená štatisticky významná rozdielnosť nielen medzi Ďumbierom a ostatnými plochami, ako to bolo v predchádzajúcom prípade, ale aj medzi hodnotami z Jánošíkovej kolkárne a Pilska. Najnižší pomer s hodnotou 15,69 vyšiel pre Jánošíkovú kolkáreň (tab. 1).

Tab. 1 Priemerné hodnoty koncentrácie C (%), N (%) a pomeru C/N na jednotlivých lokalitách a Tukeyho test významnosti rozdielov priemerov medzi sledovanými lokalitami (rovnaké písmená označujú priemery, ktoré sa medzi sebou štatisticky významne neodlišovali)

Table 1 Average concentrations of C (%), N (%), C/N ratio at individual sites and Tukey test of significance of differences in means between the localities (the same letters indicate that differences between averages were not significant)

Lokalita	C	N	C/N
Jánošíkova kolkáreň	6,94 B	0,43 B	15,69 C
Smrekovica	7,39 B	0,45 B	16,54 BC
Ďumbier	15,13 A	0,79 A	19,65 A
Pilsko	6,02 B	0,34 B	17,62 B

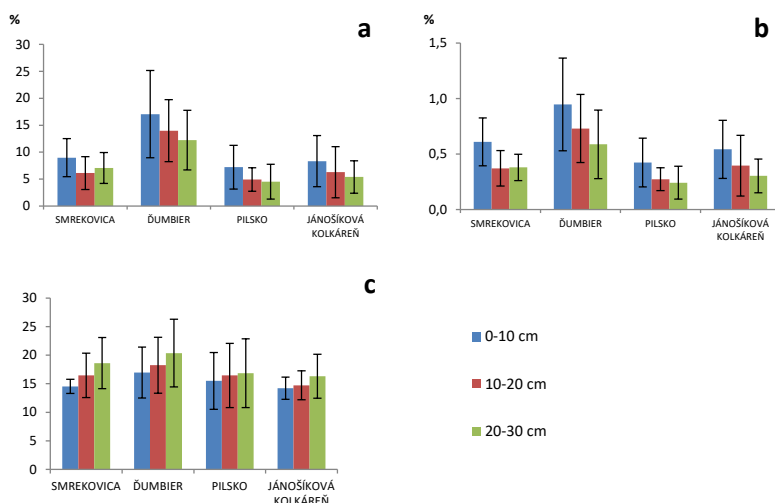
Pri sledovaní zmien koncentrácie uhlíka, dusíka a ich pomeru vzhľadom na hĺbku odberu bolo zistené, že koncentrácia dusíka ako aj uhlíka bola najvyššia v prvých 10 cm pôdneho profilu a so zväčšujúcou sa hĺbkou ich hodnota postupne klesala. Naopak pri pomere C/N možno vidieť s rastúcou hĺbkou postupný nárast hodnôt. Pri testovaní sa nepotvrdil štatisticky vysoko významný rozdiel v C/N medzi prvou a druhou hĺbkou, no potvrdil sa medzi treťou a prvými dvoma hĺbkami (tab. 2, obr. 2a-c).

Tab. 2 Priemerné hodnoty koncentrácie C (%), N (%) a C/N v jednotlivých hĺbkach pôdy a Tukeyho test významnosti rozdielov priemerov medzi sledovanými hĺbkami pôdy (rovnaké písmená označujú priemery, ktoré sa medzi sebou štatisticky významne neodlišovali)

Table 2 Average concentrations of C (%), N (%), C/N ratio at individual soil depth and Tukey test of significance of differences in means between the soil depths (the same letters indicate that differences between averages were not significant)

Hĺbka odberu (cm)	C	N	C/N
0 – 10	11,02 A	0,67 A	15,94 B
10 – 20	8,41 B	0,48 B	17,02 B
20 – 30	7,53 B	0,39 C	18,72 A

Obr. 2 a - c demonštruje veľkú variabilitu hodnôt jednotlivých charakteristík v rámci jednotlivých lokalít. Zmena variability hodnôt koncentrácie uhlíka v rámci jednotlivých hĺbok nemala preukázateľnú spojitosť s hĺbkou. V hĺbke 10 - 20 cm boli hodnoty variačného koeficientu výrazne vyššie (Smrekovica, Jánošíková kolkáreň) alebo naopak nižšie (Ďumbier, Pilsko) ako v hĺbkach 0 - 10 a 20 - 30 cm. V lokalite Pilsko bola zaznamenaná najväčšia variabilita hodnôt dusíka a pomeru C/N, pričom iba pri pomere C/N možno jednoznačne konštatovať spojitosť hodnôt s hĺbkou odberu. S klesajúcou hĺbkou variačný koeficient pomeru C/N stúpal.



Obr. 2 a - c Priemerná koncentrácia uhlíka (a), dusíka (b), pomeru C/N (c) a smerodajné odchýlky na sledovanom území v jednotlivých hĺbkach pôdy

Fig. 2 a - c Average concentrations of carbon (a), nitrogen (b), C/N ratio (c) and standard deviations in the monitored area in individual soil depths

3.2 Závislosť koncentrácie uhlíka, dusíka a pomeru C/N od vybraných environmentálnych faktorov

V tab. 3 uvádzame výsledky korelačnej analýzy medzi charakteristikami stanovišťa a koncentráciou uhlíka, dusíka a pomeru C/N. V prvých 10 cm pôdneho profilu mal na koncentráciu uhlíka zo zisťovaných faktorov najvýznamnejší vplyv sklon svahu, ktorý v negatívnom smere ovplyvňuje jej hodnotu. Nadmorská výška, ale aj obsah skeletu taktiež vo výraznej miere ovplyvňujú koncentrácie C. Čím vyššia nadmorská výška a čím väčší obsah skeletu, tým sa koncentrácia uhlíka zvyšuje. Vplyv expozície a pH pôdy sa na koncentracii uhlíka vo významnej miere neprejavil. Podobné závery možno konštatovať aj pri koncentracii dusíka či pomere C/N.

V hĺbke 10 – 20 cm pôdneho profilu už nemá najvýznamnejší vplyv na koncentráciu uhlíka a dusíka sklon svahu, ale nadmorská výška. Môžeme si všimnúť nárast vplyvu nadmorskej výšky, ale aj pH pôdy, obsahu skeletu na koncentrácie uhlíka aj dusíka. Naopak vplyv sklonu svahu v porovnaní s prvými 10 cm pôdneho profilu sa oslabil. Pomer C/N stále ovplyvňuje najviac sklon svahu, no môžeme si tu všimnúť na jednej strane nárast vplyvu expozície svahu a na druhej strane pokles vplyvu pH pôdy, obsahu skeletu ale aj sklonu. Zmena vplyvu nadmorskej výšky je nepatrná.

V tretej vrstve pôdneho profilu mala najväčší vplyv na koncentráciu uhlíka ako aj dusíka nadmorská výška. Taktiež si môžeme všimnúť jej narastajúci trend, zároveň klesajúcu tendenciu vplyvu obsahu skeletu, pH, expozície stanovišťa, ale aj sklonu. Ako v predchádzajúcej vrstve, tak aj tu je pomer C/N najviac ovplyvňovaný sklonom svahu. Taktiež výrazne poklesol vplyv obsahu skeletu. Zmeny vplyvu pH pôdy a expozície, ale aj nadmorskej výšky boli nepatrné.

Všeobecne možno konštatovať, že najväčší vplyv má na koncentráciu uhlíka, dusíka či pomer C/N nadmorská výška, sklon ale aj obsah skeletu. Naopak expozícia len v nepatrnej miere ovplyvňuje nami pozorované parametre. Ďalej možno konštatovať, že so zväčšujúcou sa hĺbkou sa zväčšuje vplyv nadmorskej výšky a pH pôdy, ale vplyv sklonu svahu sa zmenšuje.

Tab. 3 Závislosť koncentrácie C (%), N (%), C/N od vybraných environmentálnych faktorov v jednotlivých hĺbkach pôdy

Table 3 Dependence of C (%), N (%) concentration and C/N ratio on selected environmental factors in individual soil depths

	N	C	C/N
Hĺbka pôdy 0 – 10 cm			
nadmorská výška	0,484***	0,505***	0,358***
sklon	–0,491***	–0,526***	–0,518***
expozícia	0,019	0,017	0,025
pH	–0,007	–0,088	–0,292
skelet	0,270*	0,338***	0,492***
Hĺbka pôdy 10 – 20 cm			
nadmorská výška	0,530***	0,578***	0,353**
sklon	–0,426***	–0,488***	–0,446***
expozícia	0,099	0,069	–0,40
pH	–0,164	–0,171	–0,049
skelet	0,303*	0,380**	0,402***
Hĺbka pôdy 20 – 30 cm			
nadmorská výška	0,553***	0,613***	0,361**
sklon	–0,372**	–0,450***	–0,419***
expozícia	0,053	0,041	–0,035
pH	–0,263*	–0,215	0,051
skelet	0,280*	0,332**	0,282

**** p (< 0,001); ** p (0,001–0,01); * p (0,01–0,05)

3.3 Vplyv porastovej štruktúry na koncentrácie uhlíka, dusíka a pomeru C/N

V tab. 4 uvádzame výsledky korelačnej analýzy vplyvu porastovej štruktúry a mŕtveho dreva na koncentráciu uhlíka, dusíka či pomer C/N vo vrchnej hĺbke pôdy 0 – 10 cm. Na základe analýzy bol preukázaný významný vplyv početnosti živých stromov na koncentráciu uhlíka, dusíka a pomeru C/N, pričom hodnoty korelačného koeficienta sa pohybovali v rozmedzí 0,450 až 0,497. Naopak vplyv mŕtveho dreva sa vo významnej miere nepreukázal.

Tab. 4 Závislosť koncentrácie C (%), N (%), C/N vo vrchnej hĺbke 0 - 10 cm od porastovej štruktúry a mŕtveho dreva

Table 4 Dependence of C (%), N (%) concentration and C/N ratio in the upper depth 0 - 10 cm on the stand structure and dead wood

	N		C		C/N
Množstvo mŕtveho dreva	-0,070		-0,102		-0,061
Celkový počet stromov (živých)	0,450	***	0,497	***	0,496

***** p (< 0,001); ** p (0,001–0,01); * p (0,01–0,05)

Z hľadiska hrúbkovej štruktúry mali na nárast koncentrácie C a N najvýznamnejší vplyv stromy s hrúbkami 32 - 44 cm, ale aj stromy s hrúbkami 12 - 20 cm a 64 - 68 cm. Vo všeobecnosti môžeme konštatovať, že stromy s rozpätím hrúbok 28 - 56 cm mali na nárast koncentrácie C a N najvýraznejší vplyv, následne to boli stromy s rozpätím hrúbok do 28 cm a 56 - 84 cm. Naopak najmenej významný vplyv vyšiel pri stromoch s hrúbkou väčšou ako 84 cm (tab. 5).

Tab. 5 Závislosť koncentrácie C (%), N (%), C/N vo vrchnej vrstve pôdy (0 – 10 cm) od hrúbkovej štruktúry porastu

Table 5 Dependence of C (%), N (%) concentration and C/N ratio in the upper depth 0 – 10 cm on stand diameter distribution

Početnosť stromov v hrúbkových stupňoch	C	N	C/N
0 - 4	-0,070	-0,107	-0,047
4,1 - 8	-0,024	-0,047	-0,037
8,1 - 12	0,230	0,201	0,245
12,1 - 16	0,325 **	0,299 *	0,325
16,1 - 20	0,317 *	0,303 *	0,329
20,1 - 24	0,233	0,203	0,246 **
24,1 - 28	0,236	0,220	0,209
28,1 - 32	0,252	0,207	0,275
32,1 - 36	0,413 ***	0,391 **	0,384
36,1 - 40	0,327 **	0,304 *	0,281 **
40,1 - 44	0,367 **	0,373 **	0,300 *
44,1 - 48	0,204	0,208	0,092 *
48,1 - 52	0,137	0,119	0,110
52,1 - 56	0,155	0,140	0,231
56,1 - 60	-0,013	-0,041	0,099
60,1 - 64	-0,118	-0,139	0,095
64,1 - 68	-0,308 *	-0,325 **	-0,133
68,1 - 72	-0,122	-0,137	-0,091
72,1 - 76	-0,059	-0,035	-0,112
76,1 - 80	-0,196	-0,220	-0,087
80,1 - 84	-0,078	-0,085	-0,007
84,1 - 88	-0,139	-0,113	-0,184
88,1 - 92	-0,118	-0,142	0,052
92,1 - 96	0,186	0,167	0,057
96,1 - 100	0,056	0,075	0,054
100,1 - 104	0,015	0,006	0,078
104,1 - 108	0,084	0,066	0,137
108,1 - 112	0,084	0,066	0,137
< 28 cm	0,349 **	0,313 *	0,349
28 - 56 cm	0,433 ***	0,407 **	0,383 **
56 - 84 cm	-0,255 *	-0,285 *	-0,046 **
> 84 cm	0,016	0,011	0,039 *

*** p (< 0,001); ** p (0,001–0,01); * p (0,01–0,05)

5. DISKUSIA

Ako už bolo spomenuté predtým, množstvo a vertikálne rozloženie organického uhlíka a dusíka v pôde do veľkej miery závisí od klimatických podmienok, najmä teploty a zrážok. Skutočnosť, že najväčšia koncentrácia uhlíka a dusíka bola zistená na lokalite Ďumbier, je pripisovaná práve vplyvu nadmorskej výšky. Táto lokalita sa nachádzala v najvyššej nadmorskej výške (1435 až 1535 m n. m.), s čím súvisia aj priaznivejšie klimatické podmienky pre akumuláciu humusu v porovnaní s ostatnými lokalitami. Na základe korelačných analýz sa preukázala pozitívna závislosť medzi nadmorskou výškou a koncentráciou uhlíka. Tento vzťah pôdneho organického uhlíka a klímy je v súhlase s výsledkami MEIER a LEUSCHNEROM (2010), ktorí zistili, že pôdny organický uhlík sa v minerálnych pôdach pod bukovými lesmi so zvýšením teploty o 2 K znížil o tretinu, zatiaľ čo zníženie množstva ročných zrážok o 100 mm spôsobilo zníženie množstvo SOC o 9%. Podobné výsledky vyšli na lesných pôdach v Bavorsku, kde faktor klímy, ktorý je charakterizovaný predovšetkým teplotou, zrážkami a nadmorskou výškou, určoval celkové zásoby SOC (WIESMEIER a kol., 2013). JOBBAGY, JACKSON (2000) a MEIER, LEUSCHNER (2010) rozdeľujú klimatický účinok na sekvestráciu SOC na dve zložky. Prvou zložkou je množstvo zrážok, ktoré reguluje nad- a podzemnú čistú primárnu produkciu stromov, a tým aj vstup OM do pôdy. Vysoké množstvo zrážok tiež vedie k acidifikácii lesných pôd, čo je spojené s nižšou rýchlosťou rozkladu SOM. Druhou zložkou, ktorá ovplyvňuje SOC, je teplota. Všeobecne je mikrobiálny rozklad SOM závislý od teploty, pretože jeho komplexné molekulárne atribúty majú vysokú vnútornú teplotnú citlivosť a taktiež bolo preukázané zníženie množstva SOM v lesných pôdach v dôsledku zvýšenej respirácie pôdy pri stúpajúcich teplotách.

Pri analýze údajov sme zistili, že na sledovaných lokalitách dochádza k poklesu koncentrácie uhlíka a dusíka s rastúcou hĺbkou pôdneho profilu. Tieto výsledky sú podobné výsledkom, ktoré uviedli LIU a kol. (2016). Organické vstupy do pôdy dominujú hlavne v povrchových horizontoch a s hĺbkou pôdy ich množstvo prudko klesá. Okrem toho, dekompozícia sa so zvyšujúcou sa hĺbkou pôdy spomaľuje, čo znamená, že rozklad zvyškov rastlín nachádzajúcich sa hlboko v pôde prebieha pomalšie. K podobným záverom dospeli aj VALTERA a Šamonil (2018), ktorým obsah organického uhlíka v minerálnej pôde vykazoval významnú negatívnu koreláciu s hĺbkou odberu vzoriek.

V našej práci sa preukázala významná závislosť medzi koncentráciou uhlíka a dusíka na jednej strane a obsahom skeletu na druhej strane. Výskum CORTIHO (2002) na karbonátových horninách ukazuje, že skelet môže obsahovať značné množstvo uhlíka, ktoré závisí od materskej horniny a od jej odolnosti voči poveternostným procesom. V našom prípade však nemožno skelet považovať za zdroj C, nakoľko sa nami sledované lokality nachádzajú na silikátových horninách. To, že s vyšším obsahom skeletu je viac C a N súvisí s tým, že čím je väčšie množstvo skeletu v pôde, tým je v pôde menej jemného podielu (jemnozeme). Preto sa produkty dekompozície organickej hmoty zmiešajú s menším podielom jemnozeme, a preto je tento podiel bohatší na C a N.

Zatiaľ čo topografické faktory môžu byť vnímané skôr ako pasívne činitele vo vývoji pôdy, ktoré sú vo všeobecnosti stabilnejšie v čase, vplyv vegetácie je oveľa dynamickejší a je v úzkej interakcii s pôdou (JOHNSON a kol., 1990). Na základe korelačnej analýzy bola preukázaná významná spojitosť medzi počtom stromov, predovšetkým s hrúbkou od 32,1 po 36,0 cm, a koncentráciou uhlíka či dusíka. Otázka je, prečo práve tieto stromy s týmito hrúbkami. V mnohých štúdiách o ekosystémoch smreka sa zistil významný vplyv dynamiky lesných porastov a prirodzených disturbancií na pôdny organický uhlík (SPIELVOGEL a kol., 2006). Niektorí autori, ako napríklad BERNIER a PONGE (1994) pripisujú rozdielnu biologickú aktivitu pôd v horských smrekových lesoch práve veľkosti korunových medzier, čo má významný vplyv na morfológiu pôd a dynamiku pôdneho organického materiálu. K podobným záverom prišli aj VALTERA a kol. (2013), ktorí poukazujú na samotnú dynamiku stromovej vrstvy, ktorá môže viesť k heterogenite pôdných vlastností pri rôznych priestorových mierkach. Iní autori poukazujú na to, že rýchlosť sekvestrácie organického uhlíka v pôde klesá s vekom porastu (ANDIVIA MUNOZ a kol., 2016; JORDAN a kol., 2017). Vo všeobecnosti konštatujú, že rôznoveké porasty sekvestrujú viac SOC ako porasty rovnoveké. YUAN a kol. (2013) poukazujú na to, že v miestach, kde je relatívna kruhová základňa stromov vyššia (t. j. stromy dosahujú väčšie dimenzie), koncentrácia SOC klesá.

Všeobecne možno konštatovať, že stromy ovplyvňujú pôdu a pôdy ovplyvňujú stromy, pričom je niekedy ťažké rozlišovať medzi príčinami a dôsledkami interakcií medzi stromami a pôdou (VALTERA a kol., 2015). Dôležité je taktiež spomenúť, že tieto faktory vysvetľujú iba malú časť variability množstva SOC, pričom zvyšok je pripisovaný veľkej priestorovej heterogenite zásob SOC v rámci toho istého územia (JORDAN a kol., 2017). Čím vzniká potreba sledovať SOM a C vo vzťahu ku mikrotopografickým charakteristikám. Zrejme by to pomohlo vysvetliť vysokú variabilitu, ktorú pomocou zvolených environmentálnych faktorov je možné opísať len čiastočne.

Prítomnosť mŕtveho dreva v rôznych štádiách rozpadu je jednou z typických atribútov prirodzených lesov. Výsledky korelačnej analýzy vplyvu mŕtveho dreva na koncentráciu uhlíka nepreukázali ich významnú spojitosť. Možným vysvetlením môže byť skutočnosť, že odbery pôd neboli uskutočnené v jeho bezprostrednej blízkosti. Výsledky VALTERA a kol. (2013) však poukazujú, že značné množstvo rozpadajúceho sa dreva v prírodných lesoch smreka je prítomné v pôdných organických horizontoch, pričom jeho prítomnosť prispieva k variabilite pôd.

Tieto nové poznatky o vplyve porastov na dynamiku SOC môžu pomôcť pri navrhovaní systémov lesného hospodárstva schopných zmierniť dopady klimatických zmien. Manažment lesov môže ovplyvniť dynamiku SOC úpravou obnovnej doby, štruktúry porastov či druhovým zložením, aby sa vytvorili pestovateľské systémy, ktoré sekvestrujú uhlík čo najúčinnšie. Pestovanie zmiešaných porastov sa javí aj z tohto hľadiska výhodne, pretože by to mohlo skombinovať vysokú mieru sekvestrácie SOC ihličnanov so schopnosťou prenosu uhlíka do hlbších horizontov koreňmi listnatých drevín (ANDIVIA MUNOZ a kol., 2016). Pred pretavením týchto výsledkov do praxe

lesného hospodárstva by sa však mali vykonať ešte ďalšie a podrobnejšie štúdie, aby sa lepšie pochopili základné procesy.

ZÁVER

Analýza hodnôt koncentrácie organického uhlíka a celkového dusíka, ako i pomeru C/N poukázala na vysokú variabilitu hodnôt nielen v rámci všetkých sledovaných plôch, ale aj v rámci jednotlivých lokalít. Zistili sme, že na množstve pôdneho uhlíka a dusíka sa významne odráža vplyv nadmorskej výšky a sklonu svahu, pričom s hĺbkou pôdy narastá vplyv nadmorskej výšky a ubúda vplyv sklonu. Taktiež sme preukázali vplyv niektorých pôdnych vlastností na množstvo pôdneho uhlíka a dusíka, ako je pôdna reakcia či obsah skeletu. Koncentráciu uvedených prvkov významnou mierou ovplyvňuje aj počet stromov na ploche, pričom najvyšší vplyv bol zaznamenaný na plochách s dominanciou stromov s hrúbkou 32,1 – 44 cm.

Výsledky uvedené v tejto štúdii jasne dokazujú, že aj v rámci toho istého ekosystému existuje silná priestorová variabilita hodnôt SOC. Preto možno konštatovať, že akumulácia SOC je závislá od rôznych faktorov (JOBÁGY a JACKSON, 2000). Touto prácou sme podchytili len niektoré faktory, určujúce množstvo pôdnej organickej hmoty v lesných pôdach. Ďalšie štúdie by mali byť zamerané aj na súvislosti so živou zložkou pôdy, ktorá sa podieľa na dekompozícii a transformácii organickej hmoty prichádzajúcej na povrch či priamo do pôdy, a tiež na súvislosti s bylinnou zložkou, ktorej biomasa môže byť značná a jej opad môže dokonca prevýšiť aj opad pochádzajúci zo stromov. Výskum si vyžaduje v tomto smere spoluprácu viacerých odborníkov, a to nielen z oblasti pedológie, ale aj mikrobiológie, fytoecológie, či prípadne ďalších odborov.

PodĎakovanie

Táto práca bola podporená finančnými prostriedkami Agentúry na podporu vedy a výskumu na projektoch APVV-15-0176 a APVV 17-0676. Touto cestou autori vyjadrujú poďakovanie prof. Ing. Miroslavovi Svobodovi, PhD z Fakulty lesnickej a drevárskej ČZU Praha a jeho kolektívu za podkladové údaje z jednotlivých odborných miest.

Literatúra

- ANDIVIA MUNOZ, E., ROLO, V., JONARD, M., FORMANEK, P., PONETTE, Q., 2016. Tree species identity mediates mechanisms of top soil carbon sequestration in a Norway spruce and European beech mixed forest. *Ann. For. Sci.* 73, 437-447.
- BARITZ, R., SEUFERT, G., MONTANARELLA, L., RANST, E.V., 2010: Carbon concentrations and stocks in forest soils of Europe. *For. Ecol. Manag.* 260: 262-277.
- BERNIER, N., PONGE, J.F., 1994: Humus form dynamics during the sylvogenetic cycle in a mountain spruce forest. *Soil Biol. Biochem.* 26, 183-220. [http://dx.doi.org/10.1016/0038-0717\(94\)90161-9](http://dx.doi.org/10.1016/0038-0717(94)90161-9)
- CORTI, G., UGOLINI, F.C., AGNELLI, A., CERTINI, G., CUNIGLIO, R., BERNA, F., FERNÁNDEZ SAN-JURJO, M.J., 2002: The soil skeleton, a forgotten pool of carbon and nitrogen in soil. *European Journal of Soil Science*, 53(2), 283-298.

- DON, A., KALBITZ, K., 2005: Amounts and degradability of dissolved organic carbon from foliar litter at different decomposition stages. *Soil Biol. Biochem.* 37, 2171–2179.
- GÖMÖRYOVÁ, E., PICHLER, V., 2009: Cyklus vody, uhlíka a živín-metodologické aspekty štúdia dynamiky a priestorovej variability vybraných komponentov cyklu uhlíka v lesných pôdach. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen* 51 (3): 35-44.
- IPCC Special Report. Land use, land-use change, and forestry. 2000: Watson, T. Robert, Noble, R. Ian, Bolin, Bert, Ravindranath, N. H., Verardo, J. David and Dokken, J. David (eds.). 2000. 30 p. Available on: <http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/srl-en.pdf>.
- JOBAGY, E.G., JACKSON, R.B., 2000: The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecol. Appl.* 10: 423-436.
- JOHNSON, D.L., KELLER, E.A., ROCKWELL, T.K., 1990: Dynamic pedogenesis: new views on some key soil concepts, and a model for interpreting quaternary soils. *Quat Res* 33:306-319
- JOHNSON, D.W., 1992: Effects of forest management on soil carbon storage. *Water, Air, and Soil Pollution* 64: 83-120.
- JORDAN, M., NICOLAS, M., COOMES, D.A., CAIGNET, I., SAENGER, A., PONETTE, Q., 2017: Forest soils in France are sequestering substantial amounts of carbon. *Science of the Total Environment* 574 616-628
- LAL, R., 2001. Potential of desertification control to sequester carbon and mitigate the greenhouse effect. *Clim. Change* 51: 35-72
- LIU, Y., LI, S., SUN, X., YU, X., 2016: Variations of forest soil organic carbon and its influencing factors in east China. *Annals of Forest Science*, Springer Verlag/EDP Sciences, 2016, 73 (2), pp.501-511. <10.1007/s13595-016-0543-8>.
- MEIER, I.C., LEUSCHNER, C., 2010: Variation of soil and biomass carbon pools in beech forests across a precipitation gradient. *Global Change Biology*, 16: 1035-1045. doi: 10.1111/j.1365-2486.2009.02074.x
- OLSSON, M., 2002: Monitoring soil organic carbon stock changes for forest land in Sweden –methods and constraints. MISTRA Programme. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala (unpublished report).
- POST, W.M., IZAURRALDE, R.C., MANN, L.K., BLISS, N., 2001: Monitoring and verifying changes of organic carbon in soil. *Climatic Change* 51, 73-99.
- SIX, J.A., JASTROW, J.D., 2002: Organic matter turnover. In: Lal, R. (ed.). *Encyclopedia of soil science*. Marcel Dekker, Inc., New York, NY. 936-942.
- SOCIETAS PEDOLOGICA SLOVACA, 2014: Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska. Bazálna referenčná taxonómia. Druhé upravené vydanie. Bratislava: NPPC - VÚPOP Bratislava 2014, 96 p., ISBN: 978-80-8163-005-7
- SPIELVOGEL, S., PRIETZEL, J., KÖGEL-KNABNER, I., 2006: Soil organic matter changes in a spruce ecosystem 25 years after disturbance. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70, 2130-2145. <http://dx.doi.org/10.2136/sssaj2005.0027>.
- ŠIŠKA, B., MINDÁŠ, J., ŠKVARENINA, J., TAKÁČ, J., 2004: Zmeny podnebia, extrémny počasie a pôdohospodárstvo. In: Conference proceedings – Climat change – weather extremes, organisms and ecosystems. International Bioclimatological Workshop. 2004, Viničky 2. 14 p. [cit. 2014-02-25] .Avaliable on: http://www.cbks.cz/SbornikVinicky04/bpd.2004/content/01Plenarne_zasadnutie/Siska_Mindas.pdf
- TOBIAŠOVÁ, E., BARANČIKOVÁ, G., GÖMÖRYOVÁ, E., 2016: Pôdna organická hmota. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, ISBN 978-80-552-1583-9.
- VALTERA, M., ŠAMONIL, P., 2018: Soil organic carbon stocks and related soil properties in a primary *Picea abies* (L.) Karst. volcanic-mountain forest. *Catena* 165 (2018) s. 217-227
- VALTERA, M., ŠAMONIL, P., BOUBLÍK, K., 2013: Soil variability in naturally disturbed Norway spruce forests in the Carpathians: Bridging spatial scales. *Forest Ecology and Management* 310 (2013) 134-146
- VALTERA, M., ŠAMONIL, P., SVOBODA, M., JANDA, P., 2015: Effects of topography and forest stand dynamics on soil morphology in three natural *Picea abies* mountain forests. *Plant Soil* (2015) 392:57-69, DOI 10.1007/s11104-015-2442-4
- WIESMEIER, M., PRIETZEL, J., BARTHOLD, F., SPÖRLEIN, P., GEUß, U., Edzard HANGEN, E., REISCHL, A., SCHILLING, B., von LÜTZOW, M., KÖGEL-KNABNER, I., 2013: Storage and drivers of organic carbon in forest soils of southeast Germany (Bavaria)– Implications for carbon sequestration. *Forest Ecology and Management* 295 (2013) 162-172

YUAN, Z., GAZOL, A., LIN, F., YE, J., SHI, S., WANG, X., WANG, M., HAO, Z., 2013: Soil organic carbon in an old-growth temperate forest: Spatial pattern, determinants and bias in its quantification. *Geoderma* 195–196 (2013) 48-55

Adresa autorov:

Ing. Ján Židó

doc. Ing. Erika Gömöryová, CSc.

Katedra prírodného prostredia

Lesnícka fakulta

Technická univerzita vo Zvolene

Masarykova 24

960 53 Zvolen

Slovenská republika

e-mail: jan.zido@gmail.com

e-mail: gomoryova@tuzvo.sk

Soil organic carbon and nitrogen concentration in natural spruce ecosystems.

Summary

Soil organic matter is a complex, heterogeneous set of organic substances of different origins, differing in age, molecular structure, stability, variable composition, varying degrees of dispersion, activity, and thus in relationship to other soil matter components or living organisms. It plays a central role in soil fertility and the functioning of ecosystems and can be a more sensitive indicator of changing environmental conditions than other physical and physico-chemical properties of soil. Since carbon and nitrogen represents a considerable part of the soil organic matter, the aim of the work was: 1/ to assess the differences in carbon and nitrogen concentration between the localities in the National Nature Reserves Jánošíková kolkáreň, Smrekovica, Ďumbier and Pilsko, 2/ to assess the changes of C, N concentration and C/N ratio with soil depths, and 3/ to evaluate the dependence of carbon and nitrogen concentration on the content of skeleton, pH, and the stand structure. Soil samples were collected from 61 soil pits at the depth of 0-10, 10-20 and 20-30 cm. In soil samples, the concentration of soil C and N was determined by VarioMAcro CNS analyzer.

In general, it can be stated that the highest average carbon concentration was found in the Reserve Ďumbier with a value of 15.13 % and 0.79 % at the soil depth of 0 – 30 cm, and the lowest on the territory of Pilsko with a value of 6.02 % for carbon and 0.34 % for nitrogen. Among the studied abiotic factors, the elevation, slope, and skeleton content showed the most important effect on the concentrations of carbon and nitrogen, or C/N ratio. Conversely, an aspect only slightly affected the observed parameters. Furthermore, we found that on the one hand with increasing depth of soil, the effect of altitude and pH of the soil rises too, but on the other hand, the effect of slope decreases. The increase in the total number of trees was also reflected in the increase of carbon and nitrogen concentrations, a significant effect can be observed especially in the case of trees with a thickness of 32 – 44 cm.

EVALUATION OF EFFECTS OF WATER-SAVING HYDROABSORBENT ON BAREROOT AND CONTAINERIZED NORWAY SPRUCE (*PICEA ABIES* [L.] KARST.) AND EUROPEAN BEECH (*FAGUS SYLVATICA* [L.]) PLANTATION ESTABLISHMENT IN STRÁŽOVSKÉ VRCHY MTS. ONE YEAR AFTER PLANTING.

MARTIN BELKO – IVAN REPÁČ

BELKO, M., – REPÁČ, I.: Evaluation of effects of water-saving hydroabsorbent on bare-root and containerized Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) and European beech (*Fagus sylvatica* [L.]) plantation establishment in Strážovské vrchy Mts. one year after planting. Acta Facultatis Forestalis, Zvolen

Abstract In severe conditions of large disturbed areas, one of the most important abiotic stress factor limiting outplanting seedling performance is drought. Application of water-holding amendments, that are able to absorb and retain much greater quantities of liquids, than the initial quantity of the water, on seedling root systems can mitigate intensity of seedling stress induced by water shortage after outplanting. Despite of widely accepted advantages of containerized seedlings, usage of containerized stock type is still rare in Slovakia. We assessed field performance of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) and European beech (*Fagus sylvatica* [L.]) bareroot (BR) and containerized (CR) seedlings on site after regular felling in Western Carpathians, in relation to hydrogel application. For each of the tree species × stock type combination, root systems of a half of the outplanted seedlings, were dipped into the 1% hydrogel solution, untreated seedlings served as control. Larger four years old Norway spruce BR seedlings reached higher survival rates (on average 92,85%) than smaller one year old CR seedlings (on average 73,5%). Average survival of European beech BR and CR seedlings was more balanced and reached 79,9%, 76,5% respectively. For Norway spruce hydrogel application had no effect on survival, for European beech CR seedlings, application of hydrogel tended to reduce survival for 20% compared to untreated control seedlings. Hydrogel treated Norway spruce and European beech CR seedlings tended to reach lower values of leading sprout length and stem height compared to untreated seedlings. Growth of BR seedlings of both tree species was relatively balanced and not significantly affected by hydrogel application. Chlorophyll fluorescence measurement carried out in the end of august, detected no significant differences between hydrogel treated and untreated seedlings. Suboptimal values of selected chlorophyll fluorescence parameters (F_m , F_v/F_m) were recorded regardless of tree species stock type and hydrogel application. Improved vitality status of short roots as well as higher dry mass of fine roots for hydrogel treated BR Norway spruce seedlings was observed. One year after experimental planting establishment, our study results confirmed, that planting of four-year old BR Norway spruce seedlings on site after regular felling in Western Carpathians is the most reliable way of forest establishment under these conditions. Seedling root system dipping before outplanting into 1% hydrogel solution tended to have different effect on field performance of BR and CR Norway spruce and European beech seedlings.

Keywords: Stock type • Hydrogel • Forest establishment • Chlorophyll fluorescence • Rootbounding

INTRODUCTION

Forest ecosystems are threatened by increasing natural disturbances in many parts of the world, particularly in relation to climate change (SCHELHAAS et al. 2003, SEIDL et al. 2014). In temperate conifer-dominated forests, disturbances caused by strong winds, heat- and drought-induced physiological stress and bark-beetle outbreaks (often by synergistic effect of these detrimental factors) have significantly exceeded frequencies documented during known history (KONŌPKA et al. 2016, RAFFA et al. 2008, SEIDL et al. 2011). In managed forests of central Europe, salvage-logging is routinely used on these large disturbed areas. Natural regeneration on these sites is either long lasting process, or even impossible due to lack of desirable tree species, what can temporarily constraint performance of forest ecosystem functions and services. Thus, rapid establishment of forest stands by planting of nursery-produced seedlings is an essential component of forest restoration (REPÁČ et al. 2017, BANACH et al. 2017, NOSNIKOV 2017, STANTURF, MADSEN 2002).

The two basic stock types used in forest restoration are bareroot and containerized seedlings (GROSSNICKLE, EL-KASSABY 2016). In Slovakia, production and planting of containerized seedlings is rare and does not exceed 5% of total planting stock production (SARVAŠ, TUČEKOVÁ 2006). Nevertheless, in lot of experiments better field performance of outplanted containerized seedlings of different tree species compared to bareroot seedlings was recorded (GROSSNICKLE, EL-KASSABY 2016). Higher ability of containerized seedlings to become established in predominant trials is related particularly to the properties of the root plug (GROSSNICKLE, EL-KASSABY 2016). Root plug of containerized planting stock protected seedling root system before damage (MCKAY 1997), enhanced root growth development (BINDER et al. 1990) or even increased seedling nutritional status during the season following planting (RENOU-WILSON et al. 2008, QUORESHI, TIMMER 2000). However, organic constituents of growing substrates used for (woody plant) container production distinctively modify water retention characteristics within the outplanted seedling root zone (BARRET et al. 2016, HEISKANEN 1999, 1995, MICHEL 2010, HANSON et al. 2004). This effect is more significant in case of insufficient containerized seedling root system development from the space of the nursery root plug into the surrounding soil (TSAKALDIMI et al. 2005, RUNE 2003, ORTEGA et al. 2006).

In severe conditions of large disturbed areas, one of the most important abiotic stress factor limiting outplanting seedling performance is drought (POLLE et al. 2006). VILAGROSA et al. (1997) and VALLEJO, ALLOZA (1998) reported, that the highest mortality rates of outplanted seedlings are generally after the first summer due to transplanting shock. Thus, the ability of seedlings to take up water immediately after outplanting is crucial for the further success of forest establishment process (CARLSON, MILLER 1990). Due to more frequent occurrence of heat waves and drought periods (GERA et al. 2019), the use of water-holding amendments in reforestation can become more important not only in sites, soils with reduced water availability, but also on routine sites (CROUS 2017).

The use of hydrogels in outplanting applications has shown encouraging results with regard to biomass production and survival rate of seedlings of different tree species (ORIKIRIZA 2013, SARVAŠ et al. 2007, ŠIJAČIČ-NIKOLIČ et al. 2011). Hydrogels are macromolecular networks of hydrophilic polymer chains, that are able to absorb and retain much greater quantities of liquids, than the initial quantity of the water (ZOHURIAAN-MEHR et al. 2010). On average 95% of water absorbed by hydrogel is available to plants, and thus acts as an additional water reservoir for the soil–plant–air system (BHARDWAJ et al. 2007). However, effectiveness of hydrogel application is affected with many circumstances such as soil properties, quantity, type and application method of a hydrogel applied, particle size distribution of a hydrogel, planting conditions, and rewetting interval (APOSTOL et al. 2009, BHARDWAJ et al. 2007, ĐUROVIĆ et al. 2012, HÜTTERMANN et al. 1999)

The subnormal values of monthly precipitation totals during growing season in 2018 offered a great opportunity to verify the ability of the hydrogel to mitigate negative effect of water deficiency on growth and survival of established seedlings of different stock type in conditions of regularly felled area. We hypothesized, that pre-planting hydrogel application on root systems of Norway spruce and European beech bareroot (BR) and containergrown (CR) seedlings increase available water supply during expected periods of drought. We anticipated, therefore, that seedlings treated by water holding amendments would yield better growth as a result of increased water availability, an improvement evidenced by increased seedling height and survival rate, which would result in greater seedling performance.

MATERIAL AND METHODS

Study site

The experiment was established on site in Inner Western Carpathians (Strážovské vrchy Mts., northwestern Slovakia, 48°56' 52"N, 18°29'45"E), after regular felling of spruce stand compartment in 2018. Tree species composition of mature felled stand was Norway spruce (94 %) with admixture of European beech (6%). Tree species restoration composition was following: spruce 40%, beech 50%, pine 10%. This stand was classified as *Fageto-Aceretum* forest type (HANČINSKÝ 1972). No competing vegetation was present on the site at the time of harvest, but differing herbaceous (*Calamagrostis sp.*) and shrub (*Rubus sp.*) species gradually became abundant the following years. The altitude of the plot is 670 m a.s.l., aspect NW and slope 30%. The soil of the research plot is silty clay loam (20% sand, 50% silt, 30% clay) Rendzina (GRANEC, ŠURINA 1999) with high content (>40%) of rock fragments (>2 mm).

Tab. 1: Mean saturated hydraulic conductivity of soil on planting site, and growing substrates of containerized seedlings (n = 3) planted on site in Strážovské vrchy Mts.

Tab. 1: Priemerné hodnoty hydraulického vodivosti vo vodou nasýtenej pôde a rastových substrátoch krytokorenných sadeníc vysadených na ploche v Strážovských vrchoch

Soil	Saturated hydraulic conductivity (cm.day ⁻¹)		
	Soil Agrisorb	Plantek	Jiffy
837,0±91,5	437,0±91,5	298,5±15,8	285,7±34,2

Long-term mean (1980-2010) annual/growing season (January–December/April–September) daily air temperature and precipitation in study site are 6,44/12,65°C and 921/540 mm, respectively (Slovak hydrometeorological institute: Climatological and meteorological information system 2016). The values of the saturated hydraulic conductivity of soil of the study site and substrates used for cultivation of planted containerized seedlings were measured by the laboratory method with the falling head method. Three Kopec-ky cylinders (100 cm³) were filled only with soil of the study site, three with soil enriched by hydrogel amendment, and three cylinders were filled with each of the substrates used for cultivation of planted containerized seedlings. Daily rainfall was recorded by the precipitation stations of Slovak hydrometeorological institute (SHMI) located within a 15 km radius of the planting site.

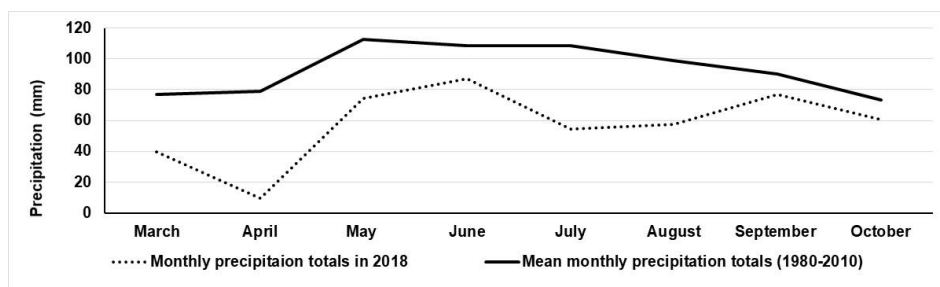


Fig. 1: Monthly precipitation totals during growing season in 2018 and mean monthly precipitation totals in 1980 – 2010 (SHMI) in Strážovské vrchy Mts.

Obr. 1: Mesečné sumy zrážok pre vybrané mesiace vegetačnej sezóny 2018 a priemerné mesačné úhrny zrážok pre vybrané mesiace v období 1980 – 2010 v Strážovských vrchoch.

Planting stock, treatments and experimental design

Bareroot (BR) and containergrown (CR) seedlings of Norway spruce and European beech were outplanted in spring planting time (april 2018). CR seedlings of Norway spruce were cultivated in Jiffy 7 peat pellets. CR seedlings of European beech in Plantek F plastic trays (Plantek 81F, Lännen Plant Systems - BCC Oy, Säköylä, Finland) filled with

peat-based growing substrate. CR seedlings were cultivated for one year (1 + 0) following a standart nursery protocol used for growing commercial Norway spruce and European beech seedling stock. Four year Norway spruce (2+2), and European beech (2+2) BR seedlings were grown in open field beds of small local forest nursery. Accordig to the standart nursery practise, BR seedlings were transplanted after two year period.

For each of the tree species × stock type combination, root systems of a half of the outplanted seedlings, were dipped into the hydrogel solution, untreated seedlings served as control. Agrisorb is a commercially available acrylic acid copolymer partially potassium neutralized, that has got a form of free flowing white granules, with 0,2–1,0 mm particle size. It is characterized by the ability to absorb and retain quantities of liquids (swelling) much greater, in terms of weight, than the initial weight of the material. Manufacturer lists, that on average 95% of water absorbed by hydrogel is available to plants and acts as an additional water reservoir for the soil–plant–air system. Application of commercial hydrogel product was carried out by dipping of seedling root systems in assigned tretements into the 1% solution, that was prepared by mixing of product components with adequate amount of water.

The experiment was established in a complete randomized block design with three blocks (replications) in the end of april (30. april 2018). Fifty seedlings of each tree species, stock type (CR, BR) and compared treatments (Control, hydrogel Agrisorb) were planted into the holes, regularly placed in square spacing (1,4 x 1,4 m), in each of three replications (blocks), 600 seedlings in total.

Post planting care included mechanical removing of competing vegetation and non-required shrubs by scrub cutter on lines (lines between seedlings) and application of chemical repellent, to prevent game damage, on leading sprout, buds and lateral branches at the first node of each seedling.

SEEDLING MEASUREMENTS

Seedling survival, growth

Survival rate was determined at the end of the growing season (end of October) as percentage of the number of survived seedlings from the number of planted ones. Total height (H) (cm), leading sprout lenght (LSL) (cm) and ground level diameter (GLD) (mm) were measured in fall 2018 only on undamaged seedlings. Seedling damage caused by game was similar for both tree species, stock types, compared treatments, and did not exceed 10% of survived seedlings.

For both tree species, within each of three replications four seedlings per stocktype × treatment combination (48 seedlings in total), were collected at the end of growing season for desctructive sampling and transfered to the laboratory for biomass measurements. Har-

vested seedlings were separated into needle, stem, branches, coarse (diameter > 1 mm) and fine roots (<1 mm). Each type of plant tissue was oven dried at 65°C for 48h to determine dry mass with precision balance (KERN, Balingen, Germany).

Vitality status of ectomycorrhizal root tips

Before oven dried, root system of each seedling was separated from the soil, under a gentle water jet, using a sieve to collect any root fragments detached from the system. We sample three 3 cm long sections (parts) of the fine lateral roots (diameter <1 mm) from upper, central, and lower part of each root system (27 cm of lateral roots in total per 1 seedling). Subsequently, root tips on each root segment were counted under a dissecting microscope (Zeiss, Stemi, Gottingen, Germany). Root tips were classified into two categories: active mycorrhizae (ActM) or non-active mycorrhizae (NactM). Tips lighter in colour, with a smooth surface, lacking radical hair, with high turgor pressure and developed hyphae sheathes were classified as active mycorrhizae. Darker, wrinkled tips with markedly less turgor pressure and without hyphae sheathes were classified as non-active mycorrhizae (PEŠKOVÁ et al. 2015). The relative proportion of active mycorrhizae (% ActM) was calculated as number of active ectomycorrhizae root tips from the total number of root tips observed on sample of lateral roots assign to each seedling.

Chlorophyll fluorescence measurements

Chlorophyll a fluorescence measurements were taken using a chlorophyll fluorimeter (Plant Efficiency Analyser, Hansatech Ltd, Kings Lynn, UK). The sample was irradiated by a saturated impulse following a 30-min darkness adjustment. The interval was considered sufficient to cease electron transport in thylakoid membranes; the transthylakoid pH gradient fell after darkness adaptation to a minimum level (ROHÁČEK, BARTÁK 1999). Within each replication two measurements were usually taken from five randomly undamaged seedlings for tree species × stock type × treatment combination to determine: F0 (initial fluorescence – all reaction centres are open), Fm (maximum fluorescence – all reaction centres are closed) and $F_v/F_m = (F_m - F_0)/F_m$ (the maximal photochemical efficiency of PSII; KRAUSE, WEIS 1991).

Statistical analysis

Survival data and chlorophyll fluorescence parameters were submitted to three-way Analysis of variance (ANOVA) using the tree species, stock type, treatment and their interactions as fixed effects (GOTWAY, STROUP 1997). Norway spruce and European beech growth data (ground-level diameter, stem height, leading sprout length, root system dry weight) for CR and BR seedlings were analyzed by one-way Analysis of variance

(ANOVA) separately, with each tree species and stock type constituting a separate experiment. For root tip vitality status non-parametric Kruskal-Wallis test was used. Prior to all analysis, variables were examined for normality using Shapiro-Wilk test (STATISTICA 12.0 StatSoft, Inc., Tulsa USA). When the ANOVA results showed a significant effect, the Tukey test was carried out for multiple comparisons between treatments ($p \leq 0,05$). ANOVA statistical analyses were performed using SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

RESULTS

Survival

In the first growing season after planting average survival rate for Norway spruce seedling was 83,1 % and European beech 78,2%. For Norway spruce larger four years old BR seedlings reached higher survival rates (on average 92,85%) than smaller one year old CR seedlings (on average 73,5%). Application of hydrogel Agrisorb had no obvious effect on survival of Norway spruce BR nor CR seedlings ($p=0,541$). For Norway spruce differences between survival of Agrisorb treated and untreated seedlings ranged only from 5% to 10%. Average survival of European beech BR and CR seedlings was more balanced and reached 79,9%, 76,5% respectively. For European beech CR seedlings application of hydrogel Agrisorb tended to reduce survival for 20% compared to untreated control seedlings (Fig.2). For BR seedlings difference in survival between Agrisorb treated and control seedlings was only 7% (Fig.2).

Tab. 2: Analysis of variance (F and p values) of the effects of tree species, stock type and hydrogel application on survival and chlorophyll fluorescence parameters of bareroot and containerized Norway spruce and European beech seedlings one year after planting on planting site Strážovské vrchy Mts.

Tab. 2: Analýza variancie (F a p hodnoty) vplyvu dreviny, typu sadbového materiálu a aplikácie hydrogelu na prežívanie a fluorescenciu chlorofylu voľnokorenných a krytokorenných sadeníc smreka obyčajného a buka lesného rok po výsadbe na ploche v Strážovských vrchoch.

Effect (fixed)	Degrees of freedom	Survival		Chlorophyll fluorescence parameters					
				F0		Fm		Fv/Fm	
		F	p	F	p	F	p	F	p
Tree species (TS)	1	0,526	0,478	6,23	0,130	0,01	0,924	6,10	0,132
Stock type (ST)	1	2,806	0,113	9,50	0,091	0,21	0,688	55,08	0,017
TS × ST	1	1,381	0,257	0,60	0,519	0,01	0,999	0,01	0,999
Treatment (T)	1	0,226	0,641	0,20	0,889	0,09	0,964	0,25	0,862
TS × T	1	2,326	0,147	0,83	0,526	0,36	0,783	0,26	0,850
ST × T	1	0,076	0,786	1,65	0,274	0,78	0,548	0,76	0,556
TS × ST × T	1	0,391	0,541	0,01	0,998	0,01	0,998	0,01	0,998

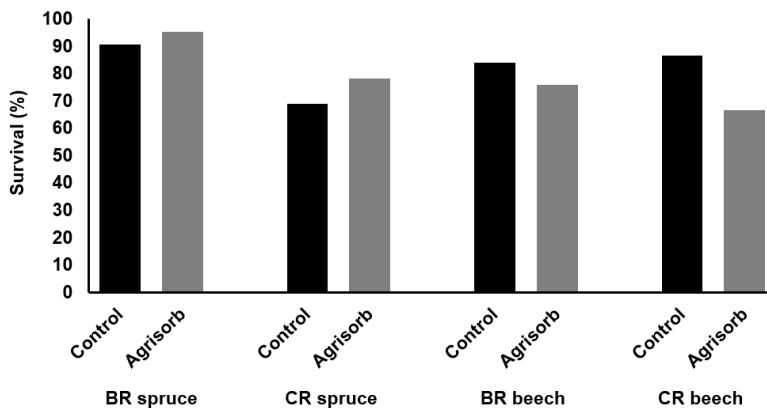


Fig. 2: Survival of bareroot (BR) and containerized (CR) Norway spruce and European beech seedlings one year after planting on planting site in Strážovské vrchy Mts. (Western Carpathians).

Obr. 2: Prežívanie voľnokorenných a krytokorenných sadeníc smreka obyčajného a buka lesného rok po výsadbe na ploche v Strážovských vrchoch.

GROWTH

For Norway spruce, older and larger-sized BR seedlings reached on average 38,7cm height and produce 9,5 cm long leading sprout length in the first growing season. BR Norway spruce seedlings treated by hydrogel Agrisorb tended to reach larger dimensions (SH, LSL), but not statistically significant (Tab.3, Fig.3). In the first growing season, smaller one-year old CR seedlings reached on average only 29,6cm height and produce 8,4 cm leading sprout. For this stock type and tree species hydrogel application significantly reduce leading sprout length (Tab.3, Fig.3). Stem height of hydrogel treated CR seedlings was also reduced compared to control seedlings (Fig.3). Hydrogel Agrisorb had no significant effect on ground level diameter of Norway spruce seedlings (Data not shown). For Norway spruce BR seedlings GLD was 7,8 mm compared to 4,8 mm for CR seedlings respectively.

Larger sized BR European beech seedlings reached on average 40,6 cm height and produce 4,16 cm leading sprout length after the first growing season. Smaller CR seedlings reached on average 31,6 cm height and produce 4,3 cm long leading sprout length after the first growing season. For both stock types of European beech, seedlings treated by hydrogel Agrisorb tended to reach lower stem height and produce smaller leading sprout length (Fig.3). For CR seedlings this tendency was more obvious. In spite of this tendency, differences were not statistically significant (Tab.3). Similarly to Norway spruce hydrogel Agrisorb had no significant influence on European beech seedling ground level diameter

(Data not shown) (Tab.3). For European beech BR seedlings GLD was 6,4 mm compared to 5,3 mm for CR seedlings respectively.

Tab. 3: Analysis of variance (F and p values) of the effect of hydrogel application on growth of Norway spruce and European beech seedlings one year after planting on planting site in Strážovské vrchy Mts.

Tab. 3: Analýza variancie (F a p hodnoty) vplyvu aplikácie hydrogelu na rast voľnokorenných a krytokorenných sadeníc smreka obyčajného a buka lesného rok po výsadbe na ploche v Strážovských vrchoch.

Parameters	d.f.	Norway spruce		European beech	
		Bareroot	Containerized	Bareroot	Containerized
		F	p	F	p
Ground level diameter	1	0,95	0,219	0,49	0,705
Stem height	1	1,08	0,426	0,36	0,784
Leading sprout length	1	3,91	0,073	5,61	0,036
Total root system dry weight	1	5,34	0,040	2,00	0,216
Fine root dry weight	1	10,03	0,004	0,86	0,364

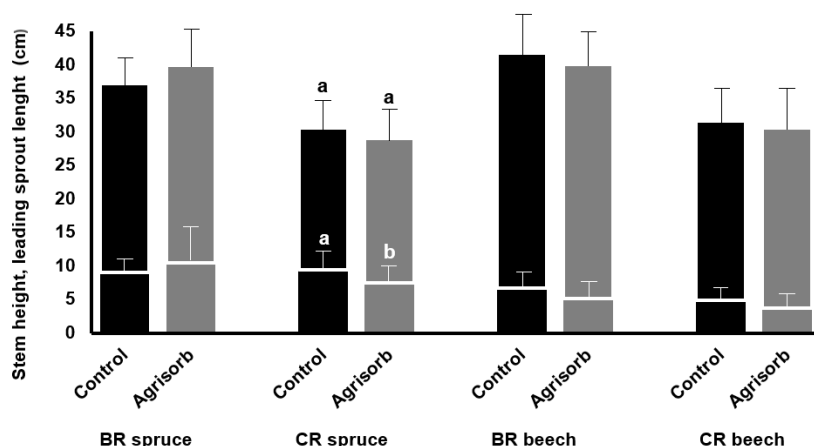


Fig. 3: Norway spruce and European beech mean BR and CR seedling stem height (H) (columns) and leading sprout length (LSL) (white horizontal bars), after one year after planting, on planting site in Strážovské vrchy Mts. Within tree species×stock type combination, means without letter or followed by the same letter are not different ($p < 0.05$)

Obr. 3: Priemerná výška a prírastok voľnokorenných a krytokorenných sadeníc smreka obyčajného a buka lesného rok po výsadbe na ploche v Strážovských vrchoch. V rámci kombinácie drevina×typ sadbového materiálu, rozdiely medzi priemernými hodnotami označenými rovnakým písmenom alebo bez písmena nie sú štatisticky významné ($p < 0,05$)

CHLOROPHYL FLUORESCENCE

No significant differences were recorded for assessed chlorophyll fluorescence parameters (F_0 , F_m , F_v/F_m) among tree species, stock types, treatments and their combinations (Tab.2). For each parameter average values ranged in very close intervals. Average values of F_0 ranged from 0.2164 to 0,279, F_m from 0.711 to 0,810 and F_v/F_m from 0,592 to 0,702 for both tree species, stock types, treatments and their combinations. Hydrogel application tended to increase values of F_m and F_v/F_m for BR Norway spruce seedlings (Fig.4). For BR European beech seedlings differences between control and hydrogel treated seedlings in values of F_m , F_v/F_m were more balanced (Fig.4). For CR planting stock a contradictory response to hydrogel application was observed. CR spruce hydrogel treated seedlings tended to reach higher values of F_0 balanced F_m and thus lower F_v/F_m value. Exactly opposite situation was observed for CR European beech seedlings (Fig.4).

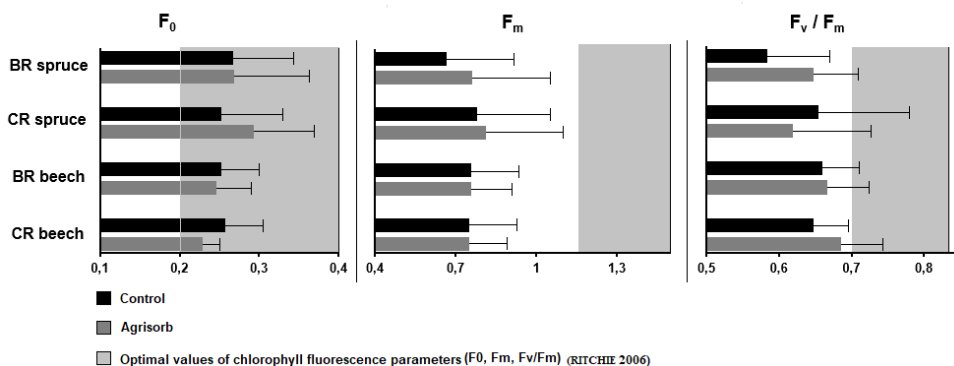


Fig. 4: Norway spruce and European beech mean ($\pm$ SD) BR and CR seedling chlorophyll fluorescence parameters (F_0 , F_m , F_v/F_m) measured after summer month rainfall deficit during the first growing season after planting, on planting site in Strážovské vrchy Mts. Within tree species $\times$ stock type combination, means without letter or followed by the same letter are not different ($p < 0.05$)

Obr. 4: Priemerné hodnoty vybraných parametrov fluorescencie chlorofylu voľnokorenných a krytokorenných sadeníc smreka obyčajného a buka lesného rok po výsadbe na ploche v Strážovských vrchoch. V rámci kombinácie drevína $\times$ typ sadbového materiálu, rozdiely medzi priemernými hodnotami označenými rovnakým písmenom alebo bez písmena nie sú štatisticky významné ($p < 0,05$)

Vitality status of ectomycorrhizal root tips, root system dry weight, hydraulic conductivity

The ratio of vital ectomycorrhizal root tips tended to be higher for Norway spruce seedlings compared to European beech seedlings, except of control BR spruce seedlings (Fig.5). For European beech seedlings, ratio of vital ectomycorrhizal root tips for control

and hydrogel treated seedlings of both stock types ranged almost from 20% to 100% (Fig.5). Hydrogel amendment significantly increased ratio of vital ectomycorrhizal root tips for BR spruce seedlings (Fig.5). For CR spruce seedlings ratio of vital ectomycorrhizal root tips was relatively balanced (on average 86,5%). For European beech BR and CR seedlings, hydrogel application had no significant impact on vitality status of ectomycorrhizal root tips.

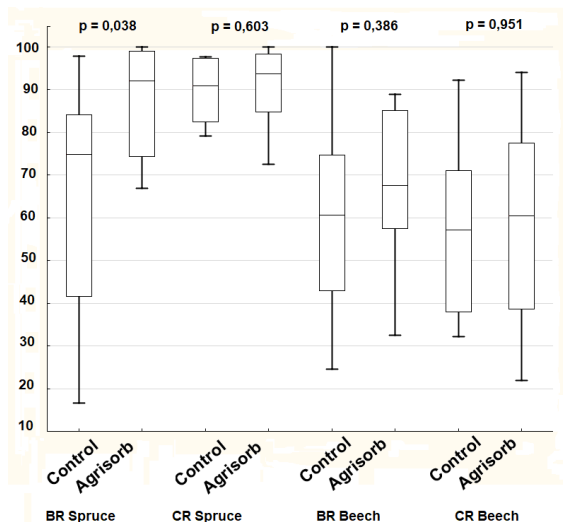


Fig. 5: Proportion of vital ectomycorrhizal root tips of BR and CR Norway spruce and European beech seedlings, one year after planting on planting site in Strážovské vrchy Mts. (median – central band, box – 1st and 3rd quartile, whiskers – min. and max.). Within tree species×stock type combination, differences between means of compared treatments are not statistically significant for level of significance $\alpha < 0.05$

Obr. 5: Podiel vitálnych ektomykoríznych koreňových zakončení voľnokorenných a krytokorenných sadeníc smreka obyčajného a buka lesného rok po výsadbe na ploche v Strážovských vrchoch (medián – stredná úsečka, krabica – 1. a 3. kvartil, svorky – minimum a maximum). Pre každú kombináciu drevina×typ sadbového materiálu, rozdiely medzi priemernými hodnotami porovnávaných variantov nie sú štatisticky významné na hladine významnosti $\alpha < 0,05$

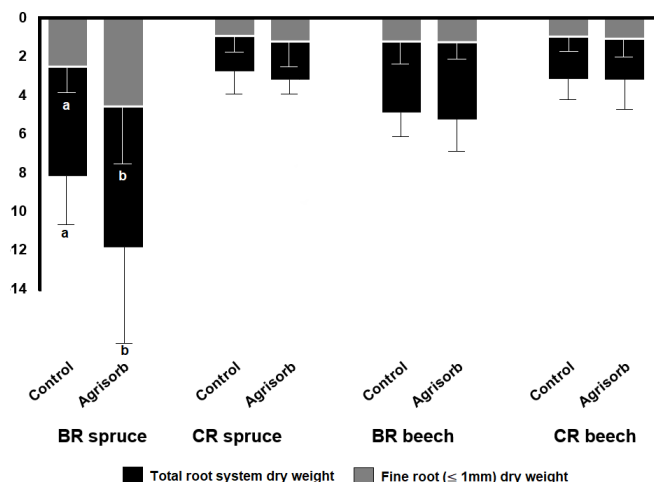


Fig. 6: Root system dry mass of Norway spruce and European beech BR and CR seedlings after one year after planting, on planting site in Strážovské vrchy Mts. Within tree species $\times$ stock type combination, means without letter or followed by the same letter are not different ($p < 0.05$)

Obr. 6: Hmotnosť koreňov voľnokorenných a krytokorenných sadeníc smreka obyčajného a buka lesného rok po výsadbe na ploche v Strážovských vrchoch. V rámci kombinácie drevina $\times$ -typ sadbového materiálu, rozdiely medzi priemernými hodnotami označenými rovnakým písmenom alebo bez písmena nie sú štatisticky významné ($p < 0,05$)

Larger BR seedlings of Norway spruce had consequently larger mass of fine roots (on average 3,6 g), than other planted smaller-sized seedlings (CR spruce, BR and CR European beech) (on average 1,1g) (Fig.6). For BR seedlings of Norway spruce, seedlings with root systems dipped into hydrogel before planting, dry mass of fine roots was significantly higher (Tab.3) compared to control seedlings. No significant effect of hydrogel application on fine root dry mass of CR Norway spruce and BR, CR European beech seedlings was detected.

Preliminary assessment of water retention characteristics of growing substrates and topsoil on the research plot showed differences in hydraulic conductivity of assessed growing media. Peat based growing substrates of CR seedlings (Plantek, Jiffy), have lower hydraulic conductivity than soil of the study site. Minor differences in hydraulic conductivity between growing substrates are neglectable, compared to the soil (Tab.1). For soil samples, hydrogel application decreased hydraulic conductivity for almost twice.

DISCUSSION

Lower risk of root system damage (McKAY 1997), better root growth development (potencial) (BINDER et al. 1990) and higher nutritional status (RENOU-WILSON

2008 et al., QUORESHI, TIMMER 2000) are key factors, that improved field performance of outplanted CR seedlings of different tree species compared to BR seedlings across a lot of experiments (GROSSNICKLE, EL-KASSABY 2016). However, HYTÖNEN, JYLHÄ (2008) who assessed influence of different post-planting vegetation control intensities on field performance of Norway spruce seedlings recorded on average four times higher mortality rates for smaller two years old CR seedlings compared to larger four years old BR seedlings, three years after experimental planting establishment. Similarly in our experiment larger Norway spruce four years old BR seedlings reached higher survival rates than smaller-sized one year old CR spruce and one year old BR, CR European beech seedlings. Review of GROSSNICKLE, EL-KASSABY (2016) focused on stock type performance comparison, summarized, that seedling survival can decline over an extended timeframe, especially on sites with intensive vegetation competition. Under these conditions, larger-sized seedlings are an effective stocktype to reduce competition from ground vegetation, thus having a positive effect on survival (SOUTH et al. 1985; SOUTH, MITCHELL 1999; SOUTH et al. 2001; ROSE, KETCHUM 2003; ROSNER, ROSE 2006). Currently, in Czech republic, production and field performance of large-sized bare-rooted planting stock of broad-leaved species with high-quality root systems termed “new generation semisaplings and saplings” is object of scientific interest. In addition, larger Norway spruce BR seedlings had larger root systems and produced also larger mass of fine roots, than other planted seedlings in our experiment. The importance of seedling root system size was broadly discussed in the study of GROSSNICKLE (2005). Experiments summarized in this study confirmed, that seedlings with larger root volumes have better ability to take up water, avoid planting stress and become established after planting (GROSSNICKLE 2005).

Up to this moment, considerable data on water absorbing substances and their effects on a broad range of forest tree species have been reported particularly in controlled conditions of pot experiments (APOSTOL et al. 2009, HUTTERMANN et al. 1999, CROUS 2016). In pot experiment of HUTTERMANN et al. (1999) 0.4% hydrogel Stockosorb K 400 amendment diminished evaporation losses of sandy soil for 40 % and prolonged almost twice survival time of 6-month old *P. halepensis* seedlings compared to the seedlings without soil amendment. Increased root moisture content by 80 % for hydrogel-treated compared to non-root dipped control one-year-old bareroot northern red oak (*Quercus rubra* L.) seedlings after pre-transplanting desiccation period, recorded APOSTOL et al. (2009). On the other hand, growth response of seedlings to hydrogel application under field conditions tends to be more variable (CROUS 2016). Admixture of water-absorbent polymer hydrogel Stockosorb K-400 (HS, granulometry: 0.2–0.8 mm) at dose 1.5% w/w improved survival rate of Cork oak (*Quercus suber* L.) CR seedlings for 20%, after the season with very dry period (90 days, rainfall accumulated: 2.3 mm) (CHIRINO et al. 2011). Also studies of SARVAŠ (2003) (Norway spruce) and BENIWAL et al. (2011) (European beech) documented, that root dipping into hydrogels after root lifting can improve the field performance of

seedlings especially during an extended period of air exposure before planting. However, hydrogel Stockosorb micro (granulometry: 0.2–0.8 mm) application on root systems, had no significant effect on the survival and growth of one-year old bareroot pine seedlings outplanted on reclamation plot after mining over three consecutive years (SARVAŠ 2007 et al.).

In spite of subnormal monthly precipitation totals in all months of growing season in 2018 except of March and June, seedling water stress was not probably so intense. However, suboptimal values of chlorophyll fluorescence parameters ($F_m F_v/F_m$) (RITCHIE 2006) indicated, that planted seedlings were stressed in the moment of measurements (end of august). Differences between hydrogel treated and control seedlings were in very close intervals and not significantly different. On the other hand, vitality status of short roots of hydrogel treated BR seedlings of Norway spruce was more favourable compared to control seedlings. This inconsistency in chlorophyll fluorescence measurements and seedling short root vitality status assesment, can be caused by higher sensitivity of tree roots on stress compared to assimilatory organs. HARTMANN et al. (2013) observed that, drought-induced changes in carbon allocation, use and transport differ between above- and below-ground tissues in trees. While root death may have been caused by carbon depletion, this was definitely not the case in above-ground tissues (HARTMANN et al. 2013). For CR seedlings, rather negative impact of hydrogel application on growth for both tree species was recorded. Similar experience with reduced growth of hydrogel treated seedlings reported also SARVAŠOVÁ, FERENCOVÁ (2009) and ALLAN, CARLSON (1998). SARVAŠOVÁ, FERENCOVÁ (2009), ALLAN, CARLSON (1998) connected negative impact of hydrogel application on field performance of seedlings in experiments with above average rain intensity during period after seedling planting. In our experiment, from the moment of seedling planting (end of April) to the end of the June, precipitation distribution was balanced. Thus within the saturated root plug dipped into hydrogel before planting, availability of oxygen for CR seedling roots could be restricted, that could potentially reduced CR seedling growth. This suggestion can be supported also by low hydraulic conductivity of growing substrates with hydrogel admixture in our experiment. In addition, assesment of CR seedling root systems showed, that predominant mass of root system was still concentrated within the growing substrate of the root plug. Especially European beech CR seedlings, that were cultivate in Plantek plastic trays with solid walls, grew no new roots out of the space of the root plug. Similar experience with CR seedling root restriction to the space of the nursery root plug was reported also in studies of TSAKALDIMI et al. (2005), RUNE (2003), ORTEGA et al. (2006), and SOUTH, MITCHELL (2006). TSAKALDINI et al. 2005 reported, that roots of oak containergrown seedlings cultivated in plantek plastik trays had serious problem with crossing a textural discontinuity from a light, friable growing medium to natural soil and reached lower survival rates, compared to seedlings cultivated in paper-pots. According to LANDIS et al. (2010), problem of rootbounding can be related to the length of time, that the plant has been in the container, as well as container wall construction.

CONCLUSION

Field performance of planted seedlings in the first growing season after planting have often determine effect on plantation establishment succes in the following ye-ars. One year after experimental planting establishment, our study results confirmed, that planting of four-year old BR Norway spruce seedlings on site after regular felling in Strážovské vrchy Mts. have potential to be the most reliable way of forest establishment under these conditions. Compared to other planted seedlings, four-year old BR Norway spruce seedlings have large well developed root systems, that ensure better seedling performance after planting. However smaller CR Norway spruce seedlings are able to produce similar lenght of leading sprout compared to BR seedlings. Seedling physiology assessment carried out in the end of the august suggest, that duration of periods without precipitation in summer months was not probably long enough to induce severe stress of the planted seedlings. Even thought, root system dipping of BR Norway spruce seedlings before out-planting, tended to have positive effect on seedling root system development. On the other hand, effect of hydrogel application on CR Norway spruce and European beech seedlings tended to have negative impact.

PodĎakovanie

Tento príspevok vznikol vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a inovácie pre projekt: Komplexný výskum mitigačných a adaptačných opatrení na zmiernenie negatívnych dopadov klimatických zmien na lesné ekosystémy Slovenska (FORRES), kód ITMS: 313011T678, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

References

- ALLAN R, CARLSON C (1998) An investigation into the re-establishment of severely burnt sites. Institute for Commercial Forestry Research Bulletin 10(1): 23–29.
- APOSTOL KG, JACOBS DF, DUMROESE RK (2009) Root desiccation and drought stress responses of bareroot *Quercus rubra* seedlings treated with a hydrophilic polymer root dip. Plant and Soil 315: 229–240
- BARRET EG, ALEXANDER DP, ROBINSON SJ, BRAGG NC (2016) Achieving environmentally sustainable growing media for soilless plant cultivation systems—A review. Scientia Horticulturae 212: 220–234.
- BANACH J, SKRZYSZEWSKA K, SKRZYSZEWSKI J (2017) Reforestation in Poland: History, Current Practice and Future Perspectives. Reforesta 3: 185–195.
- BENIWAŁ SR, HOODA SM, POLLE A (2011) Amelioration of planting stress by soil amendment with a hydrogel–mycorrhiza mixture for early establishment of beech (*Fagus sylvatica*) seedlings. Annals of Forest Science 68: 803–810.
- BHARDWAJ AK, SHAINBERG I, GOLDSTEIN D, WARRINGTON DN, LEVY GJ (2007) Water retention and hydraulic of cross-linked polyacrylamides in sandy soils. Soil Sci Soc Am J 71: 406–412
- BINDER WD, FIELDER P, SCAGEL R, KRUMLIK GJ (1990) Temperature and time-related variation of root growth in some conifer tree species. Can J For Res 20: 1192–1199.
- CARLSON WC, MILLER DE (1990) Target seedling root system size, hydraulic conductivity, and water use during seedling establishment. In: Rose R., Campbell S.J. and Landis T.D. (eds), Proceedings, Combined Meeting of the Western Forest Nursery Association's Target Seedling Symposium. Gen. Tech. Rep. RM-200. Fort Collins, CO. USDA Forest Service, Rocky Mtn. For. and Range Exp. Stn. pp. 79–90.

- CROUS WJ (2017) Use of hydrogels in the planting of industrial wood plantations. *Southern Forests: a Journal of Forest Science* 79(3): 197-213
- ĐUROVIĆ N, PIVIĆ R, POČUĆA V (2012) Effects of the application of hydrogel in different soils. *Agriculture and Forestry* 53: 25–34.
- GERA M, DAMBORSKÁ I, LAPIN M, MELO M (2019) Climate Changes in Slovakia: Analysis of Past and Present Observations and Scenarios of Future Developments. In *Water Resources in Slovakia: Part II Climate Change, Drought and Floods*, (Eds. Negm, A., Zeleňáková, M.) Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 22–46. ISBN 978-3-319-92864-7
- Gotway CA, Stroup WW (1997) A Generalized Linear Model Approach to Spatial Data Analysis and Prediction. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, 2(2), 157-178
- Granec M, Šurina B (1999) Soil atlas of Slovak republic. Bratislava: Soil Science and Conservation Research Institute.
- Grossnickle SC (2005) Importance of root growth in overcoming planting stress. *New For.* 30: 273–294
- Grossnickle SC, El-Kassaby AY (2016) Bareroot versus container stocktypes: a performance comparison. *New Forests* 47: 1–51
- Hančinský L (1972) Forest types of Slovakia. Bratislava: *Príroda*, 307s.
- Hanson AN, Harris JR, Wright R, Niemiera A (2004) Water content of a pine-bark growing substrate in a drying mineral soil. *HortScience*. 39 (3): 591–594
- Hartmann H, Ziegler W, Trumbore S (2013) Lethal drought leads to reduction in nonstructural carbohydrates in Norway spruce tree roots but not in the canopy. *Functional Ecology* 27: 413–427
- Heiskanen J (1995) Irrigation regime affects water and aeration conditions in peat growth medium and the growth of containerized Scots pine seedlings. *New For.* 9: 181–195
- Heiskanen J (1999) Hydrological properties of container media based on sphagnum peat and their potential implications for availability of water to seedlings after outplanting. *Scandinavian Journal of Forest Research* 14 (1): 78–85
- Huttermann A, Zommodi M, Kim R (1999) Addition of hydrogels to soil for prolonging the survival of *Pinus halepensis* seedlings subjected to drought. *Soil and Tillage Research* 50: 295–304
- Hytönen J, Jylhä P (2008) Fifteen-year response of weed control intensity and seedling type on Norway spruce survival and growth on arable land. *Silva Fennica* 42: 355–368
- Chirino E, Villagrosa A, Vallejo RV (2011) Using hydrogel and clay to improve the water status of seedlings for dryland restoration. *Plant Soil* 344: 99–110
- Konôpka B, Zach P, Kulfan J (2016) Wind – an important ecological factor and destructive agent in forests. *Forestry Journal* 62: 123–130
- Krause GH, Weis E (1991) Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 42: 313–349
- Landis TD, Dumroese RK, Haase DL (2010) *The Container Tree Nursery Manual. Volume 7, Seedling Processing, Storage, and Outplanting Agric. Handbk.* 674. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture Forest Service. 200 p.
- McKay HM (1997) A review of the effects of stresses between lifting and planting on nursery stock quality and performance. *New For* 13: 369–399
- Michel CJ (2010) The physical properties of peat: a key factor for modern growing media. *Mires and Peat* 6(2): 1–7
- Nosnikov V (2017) Reforestation in Belarus: From the history up to present time. *Reforesta* 3: 90–104.
- Orikiriza JBL, Agaba H, Eilug E, Kabasa DJ, Worbes M, Hüttermann A (2013) Effects of Hydrogels on Tree Seedling Performance in Temperate Soils before and after Water Stress. *Journal of Environmental Protection*. 4: 713–721
- Ortega U, Majada J, Mena-Petite A, Sanchez-Zabala J, Rodriguez-Iturrizar N, Txarterina K, Azpitart J, Duna-beitia M (2006) Field performance of *Pinus radiata* D. Don produced in nursery with different types of containers. *New Forests* (2006) 31: 97–112
- Pešková P, Lorenc F, Modlinger V, Pokorná V (2015) Impact of drought and stand edge on mycorrhizal density on the fine roots of Norway spruce *Annals of Forest Research* 58(2): 245–257
- Polle A, Altman A, Jiang XN (2006) Towards genetic engineering for drought tolerance in trees. In: *Fladung*,

- M., Ewald, D. (Eds.), *Tree Transgenesis: Recent Developments*. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg, pp. 275–297
- Quoreshi AM, Timmer VR (2000) Growth, nutrient dynamics and ectomycorrhizal development of containerized *Picea mariana* seedlings in response to exponential nutrient loading. *Can J For Res* 30: 191–201
- Raffa KF, Aukema BH, Bentz Carroll LA, Hicke AJ, Turner GM, Romme HW (2008) Cross-scale drivers of natural disturbances prone to anthropogenic amplification: the dynamics of bark beetle eruptions. *Bioscience* 58: 501–517
- Repáč I, Parobeková Z, Sendecký M (2017) Reforestation in Slovakia: History, current practice and perspectives. *Reforesta* 3: 53–88
- Renou-Wilson F, Keane M, Farrell EP (2008) Effect of planting stocktype and cultivation treatment on the establishment of Norway spruce on cutaway peatlands. *New For* 36: 307–330
- Ritchie GA (2006) Chlorophyll fluorescence: What is it and what do the numbers mean. *Natl. Proc. For. Conserv. Nurs. Assoc*: 34–42
- Roháček K, Barták M (1999) Technique of the modulated chlorophyll fluorescence: basic concepts, useful parameters, and some applications. *Photosynthetica* 37: 339–363
- Rose R, Ketchum JS (2003) Interaction of initial seedling diameter, fertilization and weed control on Douglas-fir growth over the first four years after planting. *Ann For Sci* 60: 625–635
- Rosner LS, Rose R (2006) Synergistic stem volume response to combinations of vegetation control and seedling size in conifer plantations in Oregon. *Can J For Res* 36: 930–944
- Rune G (2003) Slits in container wall improve root structure and stem straightness of outplanted Scots pine seedlings. *Silva Fennica* 37(3): 333–342
- Sarvaš M (2003) Effect of desiccation on the root system of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) seedlings and a possibility of using hydrogel STOCKOSORB for its protection. *J. For. Sci.* 49(11): 531–536
- Sarvaš M, Tučeková A (2006) Cold hardiness of planting stock – important factor for forest nurseries production and artificial regeneration. *Forestry Journal* 52(1-2): 119–126
- Sarvaš M, Pavlenda P, Takáčová E (2007) Effect of hydrogel application on survival and growth of pine seedlings in reclamations. *J. For. Sci.* 53(5): 204–209
- Sarvašová I, Ferencová I (2009) Vyhodnotenie adaptability a prežívania smreka obyčajného (*Picea abies* [L.] Karst.) na výskumnej ploche Dúbravica - Lešt'. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen* 51(2): 39–48
- Schelhaas MJ, Nabuurs GJ, Schuck A (2003) Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Glob Change Biol* 9: 1620–1633
- Seidl R, Schelhaas MJ, Lexer MJ (2011) Unraveling the drivers of intensifying forest disturbance regimes in Europe. *Glob Chang Biol* 17: 2842–2852
- Seidl R, Schelhaas M, Rammer W, Verkerk P (2014) Increasing forest disturbances in Europe and their impact on carbon storage. *Nat Clim Change* 4: 806–810
- South DB, Boyer JN, Bosch L (1985) Survival and growth of loblolly pine as influenced by seedling grade: 13 year results. *South J Appl For* 9: 76–81
- South DB, Mitchell RJ (1999) Determining the “optimum” slash pine seedling size for use with four levels of vegetative management on flatwoods site in Georgia, USA. *Can J For Res* 29: 1039–1046
- South DB, Rakestraw JL, Lowerts GA (2001) Early gains from planting large diameter seedlings and intensive management are additive for loblolly pine. *New Forests* 21: 97–110
- South DB, Mitchell RG (2006) A root-bound index for evaluating planting stock quality of containerized pines. *Southern African Forestry Journal* 207: 47–54
- Stanturf JA, Madsen I (2002) Restoration concepts for temperate and boreal forests of North America and Western Europe. *Plant Biosystems* 2: 143–158
- Šijačić-Nikolić M, Vilotić D, Milovanović J (2011) Effect of polymers on Scots pine (*Pinus silvestris* L.) and Austrian pine (*Pinus nigra* Arn.) seedling development in afforestation. *Global Journal of Biodiversity Science and Management* 1: 11–18
- Tsakalidimi M, Zagas T, Tsitsoni T, Ganatsas P (2005) Root morphology, stem growth and field performance of seedlings of two Mediterranean evergreen oak species raised in different container types. *Plant and Soil* 278: 85–93

- Vallejo VR, Alloza JA (1998) The restoration of burned lands: the case of eastern Spain. In: Moreno JM (ed) Large forest fires. Backhuys Publishers, Lieden, pp 91–108
- Vilagrosa A, Seva JP, Valdecantos A, Cortina J, Alloza JA, Serrasolsas I, Diego V, Abril M, Ferran A, Bellot J, Vallejo VR (1997) Plantaciones para la restauración forestal en la Comunidad Valenciana. In: Vallejo VR (ed) La restauración de la cubierta vegetal en la Comunidad Valenciana. Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo, Valencia, pp 435–548
- ZOHURIAAN-MEHR MJ, OMIDIAN H, DOROUDIANI S, KABIRI K (2010) Advances in non-hygienic applications of superabsorbent hydrogel material. Journal of Materials Science 45: 5711–5735

Adresa autorov:

Ing. Belko Martin

doc. Ing. Ivan Repáč, PhD.

Katedra pestovania lesa

Lesnícka fakulta

Technická univerzita vo Zvolene

Masarykova 24

960 01 Zvolen

Slovenská republika

e-mail: xbelkom2@tuzvo.sk

e-mail: hjorvardbelko@gmail.sk

e-mail: repac@tuzvo.sk

PESTOVANIE JEDNOROČNÝCH VOĽNOKOREN- NÝCH SEMENÁČIKOV SMREKA OBYČAJNÉHO (*PICEA ABIES* [K.] KARST.) V POLOPREVÁDZKOVÝCH POD- MIENKÁCH V RAŠELINOVÝCH SUBSTRÁTOCH INOKULOVANÝCH EKTOMYKORIZNÝMI PRÍPRAVKAMI

Tomáš TRGALA – Ivan REPÁČ

TRGALA, T., REPÁČ, I.: Pestovanie jednorokných voľnokorenných semenáčikov smreka obyčajného (*Picea abies* [K.] Karst.) v poloprevádzkových podmienkach v rašelinových substrátoch inokulovaných ektomykoríznymi prípravkami. Acta Facultatis Forestalis, Zvolen.

Abstrakt

Rastový substrát a ektomykorízna symbióza sú dôležitými faktormi ovplyvňujúcimi vývoj semenáčikov. V tejto štúdii bol skúmaný vplyv ektomykoríznej inokulácie a rašelinových substrátov na rast, tvorbu ektomykoríz, ich rôznorodosť a koncentráciu živín v ihličí jednorokných voľnokorenných semenáčikov smreka obyčajného. Použité rastové substráty boli Agro CS a Gramoflor. Aplikovaných inokúl bolo šesť, konkrétne to boli komerčný prípravok MycorrhizaRoots a Mycorrhiza Soluble, hubové vermikulitové inokulum, čistý vermikulit, lesná pôda a neinokulovaná kontrola. Substrát nemal významný vplyv na žiaden zo skúmaných parametrov. Semenáčiky rastúce v substrátoch inokulovaných komerčným ektomykoríznym prípravkom MycorrhizaRoots mali významne vyššiu hmotnosť sušiny koreňov ako tie, ktoré rástli v substrátoch inokulovaných lesnou pôdou. Lesná pôda ako inokulum podporila abundanciu dvoch morfortypov a celkovú ektomykoríznú kolonizáciu významne viac ako ostatné inokulá. Bohatosť, diverzita a vyrovnanosť morfortypov určená pomocou indexov dosiahla výrazne vyššie hodnoty pri semenáčikoch inokulovaných Mycorrhiza Soluble a vo variante vermikulit. V ihličí semenáčikov každého variantu bola nájdená koncentrácia makroprvkov prevyšujúca odporúčané hodnoty postačujúce na zdravý rast jedincov.

Kľúčové slová: mykorizácia, rastový substrát, smrek obyčajný, voľnokorenný sadbový materiál

ÚVOD

Obligátne ektotrofné dreviny, medzi ktoré patrí aj smrek obyčajný, vytvárajú prirodzene v pôdnom prostredí symbiotický vzťah s ektomykoríznymi (EKM) hubami (RUDAWSKA *et al.* 2006). Mykorízna symbióza môže za určitých okolností napomáhať procesu rizogenézy, príjmu vody a živín, chrániť dreviny pred patogénmi a nepriaznivými podmienkami prostredia (SMITH, READ 2008, LAMBERS *et al.* 2008). Práce niektorých autorov potvrdili pozitívny účinok pôdnych mikroorganizmov, hlavne EKM húb na prežívanie

a rast lesných kultúr (CASTELLANO 1996, QUORESCHI *et al.* 2008, SANCHEZ-ZABALA *et al.* 2013). Rastový substrát je kľúčovým faktorom ovplyvňujúcim rast a fyziologickú kvalitu sadeníc v lesných škôlkach (HEISKANEN 1995, PROLL *et al.* 2016). Rašelina je jedným z najpoužívanějších substrátov. Čistá, obzvlášť mierne rozložená rašelina poskytuje vhodné podmienky rastu (HEISKANEN 2013); avšak pridanie vhodne vybraných látok do rašeli-ny môže zlepšiť jej vlastnosti (VAARIO *et al.* 2009). Na rast sadeníc, abundanciu a diverzitu ektomykoríz môže taktiež vplývať aj typ použitého substrátu (TAMMI *et al.* 2001, REPÁČ 2007). Z biologického a ekonomického hľadiska je vhodná aplikácia prospešných mikro-organizmov pri pestovaní sadbového materiálu v lesnej škôlke. Takýto sadbový materiál je schopný lepšej adaptácie na podmienky prostredia výsadbových plôch a lepšieho rastu.

Cieľom tejto práce je získať poznatky o vplyve rašelinových rastových substrátov a aplikácie komerčných EKM prípravkov, ektomykorízneho inokula pripraveného v laboratóriu nášho pracoviska a lesnej pôdy na kvalitu semenáčikov smreka obyčajného (*Picea abies* [L.] Karst.) pestovaných v poloprevádzkových podmienkach.

MATERIÁL A METODIKA

Rastové substráty Gramoflor (Gramoflor GmbH a Co. KG, Vechta, Nemec-ko) a Agro CS (AGRO CS a. s., Česká Skalice, ČR) boli inokulované buď vermikulito-vým mykorízny inokulum (vermikulit ako nosič hubového mycélia), komerčnými my-ko-ríznymi prípravkami Mycorrhiza Soluble (Tyroler Glückspilze, Innsbruck, Rakúsko) a MycorrhizaRoots (Novozymes, Salem, Virginia, USA), alebo humóznou lesnou pôdou. Ďalšími variantmi v rámci sledovania účinku inokulácie boli aplikácia čistého vermiku-litu bez mycélia a čistý neinokulovaný rastový substrát. Usporiadanie experimentu bolo v kompletných znáhodnených blokoch. Jeden blok tvorilo 12 kombinácií inokulácie (4 inokulá + vermikulit + kontrola = 6 variantov) a substrátu (2 substráty). Celý experiment pozostával z troch blokov (opakovaní). Každú kombináciu inokulácia × substrát × opa-kovanie predstavovala jedna PVC nádoba (debnička) rozmerov 56×36×20 cm (dĺžka×šír-ka×výška), plocha 0,20 m², v experimente bolo teda použitých 36 nádob.

Zloženie substrátu Gramoflor Clever MMG 1,5 Nutri: severonemecká biela borko-vaná preparená rašelina (80 %), lignínové vlákna (20 %), hnojivo Radigen (0,15 kg.m⁻³), hnojivo Kompakt 21/7/14/3 + mikroprvky (0,70 kg.m⁻³), hnojivo Nutricote T 140 dní 15/9/10 + mikroprvky (1,5 kg.m⁻³), rohovina (1 kg.m⁻³). Zloženie substrátu Agro CS: ra-šelina, vyzretý kôrový humus, perlit (častice 1-4 mm; 15 %), hnojivo Vitality Komplex a hnojivo Kristalon. Pred inokuláciou bola zistená objemová hmotnosť, elektrická vodi-vosť substrátov, pH a obsah základných chemických prvkov (Tab. 1).

Tab. 1: Analytické parametre rašelinových substrátov (n=1 kombinovaná vzorka) použitých na pestovanie semenáčikov smreka obyčajného inokulovaných rôznymi EKM inokulami.

Substrát	Sušina [%]	pH H ₂ O	Elektrická vodivosť [mS.m ⁻¹]	Objemová hmotnosť [kg.m ⁻³]	N [%]	C [%]	Mg [mg.kg ⁻¹]	Ca [mg.kg ⁻¹]	K [mg.kg ⁻¹]	P [mg.kg ⁻¹]
Agro CS	89,8	3,8	45,9	12,21	1,42	52,4	1192	6204	1709	388
Gramoflor	91,71	5,63	94,8	24,59	1,23	38,0	1831	10666	4345	599

Pri príprave vermikulitového inokula bol vermikulit obsahujúci malé množstvo rašeliny sterilizovaný v autokláve a umiestnený do 3 litrových sklenených nádob, v ktorých bol preliaty polovičným množstvom živného média BAF, umožňujúcim rast mycélia. Vermikulit bol inokulovaný mycéliom **húb** *Laccaria proxima* (lakovka veľká, lakovka statná; izolát LAP2; izolovaný 2010), *Amanita rubescens* (muchotrávka červenkastá, muchomúrka ružovka; izolát AR3; izolovaný 2011) a *Hebeloma mesophaeum* (slzivka hnedá, slzivka opásaná; izolát HM14; izolovaný 2014; miesto získania: Rudolfovo, okres České Budějovice, zmiešaný les). Všetky izoláty boli poskytnuté firmou Symbiom (Lanškroun, Česká republika). Mycélium prerastalo vermikulit **4 až 5 týždňov** v tme pri izbovej teplote. Pôdu ako prírodné inokulum sme odobrali zo smrekového porastu. V lesnom poraste sme z **povrchu** pôdy odstránili vrstvu smrekovej opadanky, mŕtveho dreva a bylinnej vegetácie. Bola odobraná 5 cm vrchná vrstva pôdy. Následne bola preosiata cez sito s veľkosťou ôk 4 mm. Komerčný EKM prípravok MycorrhizaRoots obsahoval spóry EKM **húb** *Pisolithus tinctorius* (hráškovce obyčajný, mēcháč písečný), *Rhizopogon* (koreňovec, kořenovec), *Laccaria* (lakovka), *Scleroderma* (pestrec, pestřec). Prípravok Mycorrhiza Soluble obsahoval spóry EKM húb *Pisolithus tinctorius*, *Rhizopogon luteolus* (koreňovec žltkastý, kořenovec **žlutavý**), *Rhizopogon amylopogon*, *Rhizopogon fulvigleba*, *Scleroderma citrinum* (pestrec obyčajný, pestřec obecný), *Scleroderma cepa*, *Suillus granulatus* (masliak zrnitý, klouzek zrnitý), *Suillus bodatapies*, *Laccaria bicolor* (lakovka dvojfarebná), *Laccaria laccata* (lakovka obyčajná, lakovka laková), spóry húb rodu *Trichoderma* **a baktérie**.

Vermikulitové inokulum a čistý vermikulit boli rovnomerne zapracované do vrchnej polovice substrátov umiestnených v debničkách v objemovom pomere 1:5 (4,0 l vermikulit, 20,0 l substrát). Lesná pôda bola zapracovaná do vrchnej polovice substrátov v objemovom pomere 1:5 (4,0 l pôda, 20,0 l substrát). Vermikulitové inokulum, čistý vermikulit a lesná pôda boli do substrátov aplikované bezprostredne pred výsevom semien smreka obyčajného. Prípravky Mycorrhiza Soluble a MycorrhizaRoots sa aplikovali formou 2 postrekov. Prvý postrek bol aplikovaný 1 týždeň po termíne sejby, druhý postrek bol aplikovaný mesiac po prvej aplikácii. Podľa návodu na použitie sa prípravok Mycorrhiza Soluble aplikoval v dávke 0,48 g do 0,4 l H₂O na 1 debničku a prípravok MycorrhizaRoots v dávke 0,34 g do 0,27 l H₂O na 1 debničku.

Pred sejbou boli semená sterilizované v 30 % H₂O₂, potom dôkladne premyté destilovanou vodou a po vysušení premiešané s fungicídom Dithane M-45. Vzhľadom na nízku

klíčivosť semena bola pre každú kombináciu substrát × inokulácia × opakovanie (jedna debnička) použitá pomerne vysoká výsevová dávka 5,0 g (približne 600 ks semien) (25 g m⁻²). Vysiate semená boli pokryté zásypkou tvorenou zmesou perlitu (objemový podiel 85 %) a rašeliny. Semenáčky smreka neboli počas vegetačného obdobia ošetrované fungicídmi, aby sa zabránilo potlačeniu vývoja ektomykoríz. Semenáčky boli v priebehu vegetačného obdobia dvakrát prihnojené hnojivom CERERIT s guánom na ihličnany. Hnojivo sa aplikovalo v koncentrácii 0,5 % a dávke 0,5 l H₂O na 1 debničku.

Po uplynutí vegetačného obdobia sme náhodným výberom z každej kombinácie faktorov v rámci každého opakovania odobrali 15 nepoškodených semenáčikov spolu s rastovým substrátom. Na všetkých odobraných semenáčikoch sme merali výšku nadzemnej časti s presnosťou 0,1 cm. Koreňové systémy 7 semenáčikov z 15 vyzdvihnutých pre každú kombináciu boli jemne premyté vodou a pozorované pri 10 až 40-násobnom zväčšení pod mikroskopom, aby bol spočítaný počet EKM korieňkov v rámci každého určeného EKM morfortypu a počet nemykoríznych korieňkov. Ektomykorízy sa zatriedili do morfortypov podľa morfológických charakteristík, ako je rozvetvenie, farba, tvar, povrchové charakteristiky hubového plášťa, prítomnosti hýf a rizomorf. Morfortypy boli opísané a pomenované podľa terminológie AGERER, RAMBOLD (2004–2018). RELATÍVNA ABUNDANCIA KAŽDÉHO EKM MORFORTYPU BOLA STANOVENÁ PRE KAŽDÝ SEMENÁČIK AKO PERCENTO POČTU EKTOMYKORÍZ PRÍSLUŠNÉHO MORFORTYPU Z POČTU VŠETKÝCH EKTOMYKORÍZ. CELKOVÝ ROZSAH EKTOMYKORÍZ BOL STANOVENÝ AKO PERCENTO POČTU VŠETKÝCH EKTOMYKORÍZ Z CELKOVÉHO POČTU KRÁTKYCH KORIENKOV (VŠETKY EKTOMYKORÍZNE A NEMYKORÍZNE KORIENKY). Pre účely presnejšieho posúdenia rôznorodosti a výskytu EKM morfortypov bol použitý *Hillov index bohatosti* (HILL 1973), *Shannonov index diverzity* (SHANNON 1948) a *Pielov index vyrovnanosti* (PIELOU 1975). Po sušení vzoriek 48 hodín pri teplote 80 °C sme vážením zisťovali hmotnosť nadzemnej a koreňovej časti s presnosťou na 0,0001 g. Z týchto hmotností bol následne určený pomer hmotnosti koreňa a nadzemnej časti. Analýza ihličia sa urobila pre každú kombináciu substrátu a inokulácie z jednej kombinovanej vzorky, ktorá bola získaná zmiešaním ihličia odobraného z viacerých semenáčikov zo všetkých opakovaní príslušnej kombinácie substrátu a inokulácie.

Biometrické charakteristiky a rozsah mykoríz (relatívna abundancia jednotlivých morfortypov a celkový rozsah mykoríz) boli analyzované dvojfaktorovou analýzou rozptylu. Pre posúdenie významnosti rozdielov priemerných hodnôt sledovaných znakov medzi jednotlivými variantmi sa použil Tukeyov post hoc test ($p \leq 0,05$). Normalita rozdelenia hodnôt bola posúdená pomocou Shapiro-Wilkovho testu. Percentuálne údaje boli pred analýzou transformované pomocou arc-sin funkcie, aby sa korigovalo nenormálne rozdelenie údajov. Závislosť rastových veličín od celkového rozsahu ektomykoríz bola analyzovaná lineárnou koreláciou. Výpočty boli urobené v štatistických programoch SAS Institute Inc., a STATISTICA StatSoft, Inc.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Rastový substrát nemal významný vplyv na rast semenáčikov smreka obyčajného po prvom vegetačnom období. Inokulácia semenáčikov mala významný vplyv iba na hmotnosť sušiny koreňov. Interakcia substrátu a inokulácie nebola významná (Tab. 2). Semenáčky ošetrované prípravkom MycorrhizaRoots dosiahli významne vyššiu hmotnosť koreňa ako semenáčky, ktoré boli inokulované lesnou pôdou (Tab. 3). Je to možné odôvodniť vyšším zastúpením EKM korenkov (zabezpečujúcich príjem vody a živín) vo variante lesnej pôdy a tým menšou potrebou vytvárať *d'alšie korenenky*. MAKOTO *et al.* (2010), SANCHEZ-ZABALA *et al.* (2013) a ZHANG *et al.* (2017) uvádzajú významný vplyv inokulácie EKM hubami na tvorbu biomasy semenáčikov. REPÁČ *et al.* (2013) uvádzajú indiferentný a mierne inhibičný účinok prípravku MycorrhizaRoots na rast semenáčikov. Na rozdiel od našich výsledkov REPÁČ, SENDECKÝ (2018) uvádzajú pre semenáčky inokulované hubovým inokulom pripraveným v laboratóriu vyššiu hmotnosť koreňov, než pri semenáčikoch inokulovaných komerčným EKM prípravkom.

Tab. 2: Analýza rozptylu (F a p hodnoty) vplyvu substrátov a inokulácie na rastové parametre, relatívnu abundanciu ektomykoríznych morfortypov, celkový rozsah mykoríz a indexy EKM morfortypov jednoročných voľnokorenných semenáčikov smreka obyčajného.

Biometrické parametre, morfortypy, indexy	Substrát		Inokulácia		Substrát × Inokulácia	
	F	p	F	p	F	p
Výška stonky [cm]	8,17	0,1037	2,17	0,1392	2,49	0,1033
Hmotnosť sušiny nadz. časti [g]	9,69	0,0895	1,85	0,1913	1,36	0,3159
Hmotnosť sušiny koreňov [g]	1,26	0,3781	3,64	0,0389	0,39	0,8475
Hmotnosť sušiny spolu [g]	6,34	0,1282	2,98	0,0665	1,04	0,4474
Pomer hmotnosti koreň/nadz. Časť	0,09	0,7882	2,03	0,1589	0,95	0,4894
<i>Hebeloma</i> -like [%]	0,47	0,5632	0,80	0,5716	0,80	0,5742
<i>Cortinarius</i> -like [%]	0,46	0,5672	7,21	0,0042	0,83	0,5592
<i>Wilcoxina</i> -like [%]	1,70	0,3220	12,89	0,0004	1,59	0,2476
<i>Lactarius</i> -like [%]	0,44	0,5756	1,21	0,3723	0,46	0,7979
<i>Laccaria</i> -like [%]	0,18	0,7146	0,82	0,5620	1,16	0,3929
Celkový rozsah mykoríz [%]	0,41	0,5882	5,56	0,0105	0,57	0,7248
Hillov index bohatosti	2,83	0,2345	5,47	0,0111	0,22	0,9474
Shannonov index diverzity	0,52	0,5471	5,26	0,0126	0,40	0,8363
Pielou index vyrovnanosti	0,52	0,5470	5,26	0,0126	0,40	0,8363

Stupne voľnosti: substrát 1, inokulácia 5, opakovanie 2, substrát × inokulácia 5, reziduál 216, celkom 251.

Tab. 3: Rastové charakteristiky (priemerná hodnota $\pm$ smerodajná odchýlka) jednoročných voľno-korenných semenáčikov smreka obyčajného rastúcich v rašelinových substrátoch inokulovaných rôznymi EKM inokulami

Substrát	Výška stonky [cm]	Hmotnosť sušiny nadz. časti [mg]	Hmotnosť sušiny koreňov [mg]	Hmotnosť sušiny spolu [mg]	Pomer hmot. korene/nadz. Časť
Gramoflor	5,12 $\pm$ 0,98	44 $\pm$ 7	13 $\pm$ 16	58 $\pm$ 20	0,32 $\pm$ 0,26
AgroCS	4,85 $\pm$ 0,97	40 $\pm$ 14	12 $\pm$ 6	52 $\pm$ 18	0,32 $\pm$ 0,14
Inkulácia					
MycorrhizaRoots	5,15 $\pm$ 0,98	46 $\pm$ 11	16 $\pm$ 15 a	61 $\pm$ 21	0,36 $\pm$ 0,32
Mycorrhiza Soluble	5,16 $\pm$ 1,08	44 $\pm$ 14	13 $\pm$ 5 ab	56 $\pm$ 18	0,30 $\pm$ 0,09
Pôda	4,95 $\pm$ 0,87	41 $\pm$ 13	11 $\pm$ 4 b	52 $\pm$ 16	0,29 $\pm$ 0,10
Verm. Inokulum	5,01 $\pm$ 1,10	44 $\pm$ 18	13 $\pm$ 4 ab	57 $\pm$ 21	0,30 $\pm$ 0,07
Čistý vermikulit	5,01 $\pm$ 0,95	39 $\pm$ 16	13 $\pm$ 8 ab	51 $\pm$ 19	0,37 $\pm$ 0,36
Kontrola	4,62 $\pm$ 0,83	39 $\pm$ 14	12 $\pm$ 4 ab	51 $\pm$ 17	0,31 $\pm$ 0,08

Medzi priemernými hodnotami označenými rôznymi písmenami je štatisticky významný rozdiel (Tukeyov test, $P < 0,05$).

Opis rozlíšených EKM morfortypov je v Tab. 4. Štatisticky významné rozdiely medzi substrátmi v abundancii EKM morfortypov, celkovej kolonizácii EKM hubami a indexoch neboli zistené (Tab. 2). Medzi variantmi inokulácie boli pozorované významné rozdiely v abundancii morfortypov *Cortinarius*-like, *Wilcoxina*-like, v celkovej kolonizácii EKM hubami, Hillovom indexe bohatosti, Shannonovom indexe diverzity a Pielovom indexe vyrovnanosti. Morfortypy *Cortinarius*-like a *Wilcoxina*-like mali významne vyššie zastúpenie vo variante lesnej pôdy oproti všetkým ostatným variantom. Semenáčky rastúce v substrátoch inokulovaných lesnou pôdou dosahovali mykorizáciu významne vyššiu oproti semenáčikom ošetrovaným prípravkom MycorrhizaRoots, Mycorrhiza Soluble a vermikulitom bez húb (Tab. 5). Na rozdiel od našich výsledkov DAR *et al.* (2007) uvádzajú, že inokulácia pôdou dosiahla najnižší stupeň kolonizácie koreňovej sústavy EKM hubami a LIU *et al.* (2008) že semenáčky inokulované pôdou dosiahli rovnakú úroveň kolonizácie EKM hubami ako semenáčky inokulované inými typmi inokula. Pri určovaní Hillovho indexu bohatosti bol zistený významný rozdiel medzi variantmi Mycorrhiza Soluble, Vermikulit bez mycélia húb a MycorrhizaRoots. Diverzita určená pomocou Shannonovho indexu diverzity bola nízka. Najväčšia diverzita bola vo variante Mycorrhiza Soluble. Dôvodom takéhoto výsledku je pravdepodobne rôznorodosť EKM druhov húb nachádzajúcich sa v tomto prípravku. Vyrovnanosť určená Pielovým indexom vyrovnanosti bola malá a najväčšia vyrovnanosť bola prítomná vo variante Mycorrhiza Soluble (Tab. 5). VAARIO *et al.* (2009) uvádzajú prevažne vyššie hodnoty indexu bohatosti, diverzity a vyrovnanosti ako v tejto práci, najmä pri variantoch s použitím hnojiva s biologickým pôvo-

dom. Korelácia biometrických parametrov a celkového rozsahu mykoríz bola s výnimkou variantu čistý vermikulit negatívna a bola veľmi nízka. (Tab. 6).

Tab. 4: Opis EKM morfológických typov jednoročných voľnokorenných semenáčikov smreka obyčajného rastúcich v rašelinových substrátoch inokulovaných rôznymi EKM inokulami.

EKM morfortyp	Popis
<i>Hebeloma</i> -like	Vetvenie monopodiálne; mykorízy rovné alebo zakrivené; farba okrová, žltohnedá; staršie časti hnedé; plášť nepriehľadný; hýfy prítomné; rizomorfy neprítomné
<i>Laccaria</i> -like	Vetvenie monopodiálne; mykorízy ohnuté alebo rovné; farba hnedá; plášť nepriehľadný; hýfy neprítomné, rizomorfy neprítomné
<i>Lactarius</i> like	Vetvenie monopodiálne; mykorízy rovné alebo ohnuté; farba hnedá alebo oranžová; staršie časti hnedé; plášť nepriehľadný; povrch plášťa hladký; hýfy prítomné, rizomorfy neprítomné
<i>Wilcoxina</i> -like	Vetvenie nepravidielne alebo monopodiálne, mykorízy rovné; farba hnedá; staršie časti tmavohnedé; plášť nepriehľadný; povrch plášťa lesklý alebo hladký; hýfy neprítomné; rizomorfy neprítomné
<i>Cortinarius</i> -like	Vetvenie monopodiálne-pyramidálne alebo nepravidielne perovité; mykorízy ohnuté alebo krivé; farba hnedá; staršie časti hnedé alebo biele; plášť nepriehľadný; povrch plášťa hladký; hýfy prítomné; rizomorfy prítomné

Tab. 5: Relatívna abundancia EKM morfortypov, celkový rozsah mykoríz, Hillov index bohatosti, Shannonov index diverzity, Pielou index vyrovnanosti (priemerné hodnoty) jednoročných voľnokorenných semenáčikov rastúcich v rašelinových substrátoch inokulovaných rôznymi ektomykoriznými inokulami.

	<i>Hebeloma</i> -like [%]	<i>Cortinarius</i> -like [%]	<i>Wilcoxina</i> -like [%]	<i>Lactarius</i> -like [%]	<i>Laccaria</i> -like [%]	Celkový rozsah mykoriz ¹	Bohatosť	Diverzita	Vyrovna- nosť
Substrát									
Gramoflor	12,76	4,24	0,76	0,39	0,73	18,48	1,48	0,29	0,18
Agro CS	12,05	6,28	2,97	0,70	0,42	22,46	1,70	0,33	0,21
Inokulácia									
MycorrhizaRoots	9,25	0,69 b	0,07 b	0,05	0,53	10,59 b	1,24 b	0,20 b	0,13 b
Mycorrhiza Soluble	10,51	2,83 b	1,15 b	0,63	0,17	15,29 b	2,02 a	0,50 a	0,31 a
Pôda	12,45	17,91 a	8,20 a	0,20	0,00	38,76 a	1,45 ab	0,25 b	0,15 b
Verm. inokulum	12,23	3,56 b	0,49 b	1,53	0,44	18,23 ab	1,40 ab	0,32 ab	0,20 ab
Čistý vermikulit	11,94	1,80 b	0,81 b	0,16	1,93	15,47 b	2,07 a	0,33 ab	0,21 ab
Kontrola	18,04	4,75 b	0,48 b	0,71	0,37	24,48 ab	1,33 ab	0,25 b	0,16 b

Medzi priemernými hodnotami označenými rôznymi písmenami je štatisticky významný rozdiel (Tukeyov test, $P < 0,05$).

Tab. 6: Korelačné koeficienty lineárnej závislosti rastových parametrov na celkovom rozsahu mykoríz jednoročných voľnokorenných semenáčikov smreka obyčajného rastúcich v rašelinových substrátoch inokulovaných rôznymi EKM inokulami.

	Výška stonky	Hmotnosť sušiny nadz. časti	Hmotnosť sušiny koreňa	Hmotnosť sušiny celková
Substrát				
Gramoflor	- 0,01	- 0,04	- 0,15	- 0,13
AgroCS	0,08	- 0,10	- 0,04	- 0,07
Inokulácia				
MycorrhizaRoots	- 0,04	- 0,11	- 0,09	- 0,12
Mycorrhiza Soluble	0,10	- 0,02	- 0,07	- 0,06
Pôda	0,18	- 0,05	- 0,26	- 0,23
Verm. inokulum	0,03	-0,10	-0,10	- 0,11
Čistý vermikulit	< 0,01	0,07	0,08	0,09
Kontrola	0,09	0,07	- 0,12	- 0,07

Hodnoty pH substrátov v tejto štúdii sú značne odlišné. Hodnota pH substrátu Agro CS bola nižšia ako substrátu Gramoflor (Tab. 1). Tieto hodnoty pH sa nachádzajú za hranicami odporúčaných hodnôt (4,0–5,0) podľa RIKALU, JOZEKA (1990) pre rast ihličnatých drevín. LANDIS *et al.* (1990) uvádzajú, že maximálna dostupnosť živín pre semenáčky rastúce v organických substrátoch sa zvyčajne dosahuje pri pH 5,5. Elektrická vodivosť a objemová hmotnosť substrátu Gramoflor bola dvakrát vyššia ako substrátu Agro CS. Obsah dusíka bol v oboch substrátoch na podobnej úrovni. Obsah uhlíka bol v substráte Agro CS vyšší o 14 %. Koncentrácia ostatných zistených prvkov v substráte Gramoflor bola o 54–154 % vyššia (Tab. 1). Úroveň koncentrácie chemických prvkov bola v odporúčaných hodnotách podľa HEISKANENA *et al.* (2013). Jediná nadlimitná hodnota bola koncentrácia draslíka v substráte Gramoflor. Asimilačný aparát semenáčikov rastúcich vo vybraných substrátoch obsahoval podobné množstvo uhlíka a síry. **Semenáčky rastúce v substráte** Gramoflor obsahovali v ihličí väčšie množstvo vápnika a horčíka a menšie množstvo fosforu a draslíka ako semenáčky rastúce v substráte Agro CS (Tab.7). Koncentrácia dusíka a síry je podľa TJOELKERA *et al.* (2007) v rozsahu optima až prebytku. Koncentrácia fosforu je podľa MELLERTA, GÖTTLEINA (2012) v rámci optima až prebytku. Ostatné makroelementy sa nachádzajú v prebytku.

Tab. 7: Koncentrácia makroprvkov v ihličí (n=1 kombinovaná vzorka) jednoročných voľnokorených semenáčikov smreka obyčajného rastúcich v rašelinových substrátoch inokulovaných rôznymi EKM inokulami.

Substrát	Inokulácia	C [%]	N [%]	S [%]	P [g/kg]	Ca [g/kg]	Mg [g/kg]	K [g/kg]
Gramoflor	MycorrhizaRoots	49,9	3,01	0,257	2,70	11,4	2,06	16,3
	Mycorrhiza Soluble	49,7	2,89	0,231	2,76	10,8	2,03	15,8
	Pôda	49,9	3,01	0,257	2,70	11,4	2,06	16,3
	Vermikulitové inokulum	52,0	3,22	0,256	2,61	10,0	2,11	14,1
	Čistý vermikulit	49,6	2,93	0,246	2,37	10,2	1,86	12,5
	Kontrola	48,5	2,84	0,221	2,86	10,6	2,10	14,1
Agro CS	MycorrhizaRoots	50,6	2,71	0,216	2,95	9,87	1,84	26,1
	Mycorrhiza Soluble	49,0	2,59	0,240	3,13	10,9	1,88	26,8
	Pôda	51,9	2,71	0,245	3,23	12,0	2,15	20,7
	Vermikulitové inokulum	50,0	2,47	0,243	3,54	8,78	1,80	21,2
	Čistý vermikulit	49,6	2,61	0,249	2,95	9,53	1,84	21,8
	Kontrola	46,6	2,37	0,221	2,88	12,6	1,97	35,3

ZÁVER

Umelá mykorizácia sadbového materiálu lesných drevín má čoraz väčší význam. Aplikácia mykorizných prípravkov má potenciál prispieť k vypestovaniu kvalitnejšieho sadbového materiálu, schopného lepšie sa prispôsobiť nepriaznivým podmienkam prostredia, znížiť mortalitu a urýchliť odrastanie kultúr, a tým minimalizovať opätovné zalesňovanie. Úspešne mykorizovaný sadbový materiál má totiž schopnosť efektívnejšie prijímať vodu a živiny a lepšie odolávať patogénom.

V tejto práci boli semenáčky smreka obyčajného pestované v dvoch rašelinových substrátoch. Rastové substráty boli inokulované štyrmi rôznymi inokulami. Substrát nemal významný vplyv na žiaden zo sledovaných parametrov. Rovnako sa nezistil významný vplyv interakcie substrátu a inokulácie. Z biometrických parametrov bola inokuláciou ovplyvnená len hmotnosť sušiny koreňov semenáčikov. Semenáčky inokulované komerčným EKM prípravkov MycorrhizaRoots dosiahli významne vyššiu hmotnosť ako semenáčky inokulované lesnou pôdou. Lesná pôda významne zvýšila abundanciu dvoch EKM morfortypov a celkový rozsah ektomykoríz. Bohatosť, diverzita a vyrovnanosť morfortypov dosiahla najvyššie hodnoty vo variante Mycorrhiza Soluble a vo variante vermikulit. Koncentrácia makroprvkov v ihličí bola dostatočná vo všetkých variantoch. Taktiež bolo dostačujúce množstvo makroprvkov prítomných v rašelinových substrátoch.

Výsledky tohto experimentu potvrdili dôležitosť inokulácie pre rast semenáčikov. Očakávaným účinkom aplikácie EKM prípravkov nemôže byť stimulácia rastu semenáčikov, aj keď je to vítaný prínos inokulácie, ale biologická ochrana a zlepšenie ich fyziologickej kvality. Tento experiment sme uskutočnili v snahe prispieť k výberu vhodných EKM húb, metód inokulácie a rastových substrátov pre produkciu mykorrhizných semenáčikov smreka obyčajného.

Podakovanie

Tento príspevok vznikol vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a inovácie pre projekt: Komplexný výskum mitigačných a adaptačných opatrení na zmiernenie negatívnych dopadov klimatických zmien na lesné ekosystémy Slovenska (FORRES), kód ITMS: 313011T678, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Použitá literatúra

- Agerer, R., Rambold, G. DEEMY. 2004-2019: An information system for characterization and determination of ectomycorrhizae. München: Ludwig-Maximilians-Universität, Dostupné: <<http://www.deemy.de>>, [cit. 2018-12-27].
- Castellano, M. A. 1996: Outplanting performance of mycorrhizal inoculated seedlings. In: Mukerji, K.G. (ed.) Concepts in mycorrhizal research. Dordrech: Kluwer Academic Publishers, p. 223-301.
- Dar, G.H. H., A Beig, M., A. Ganai, N., A. Qazi, N. 2007: Effect of source and inoculum load of ectomycorrhizae on the growth and biomass of containerized kail pine (*Pinus wallichiana*) seedlings. *Applied Biological Research*, 9: p. 19-28.
- Heiskanen, J. 1995: Irrigation regime affects water and aeration conditions in peat growth medium and the growth of containerized Scots pine seedlings. *New Forests*, 9 (3): p. 181-195.
- Heiskanen, J. 2013: Effects of compost additive in sphagnum peat growing medium on Norway spruce container seedlings. *New Forests*, 44: p. 101-118.
- Hill, M. O. 1973: Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology*, 54 (2): p. 427-432.
- Lambers, H., Chapin III, F. S., Pons, T. L. 2008: *Plant physiological ecology* 2nd ed. New York: Springer, 604 p.
- Landis, T. D., Tinus, R. W., McDonald, S. E., Barnett, J. P. 1990: *The container tree nursery manual: Vol. 2. Containers and growing media*. Washington, DC: USDA, Forest Service, 45 p.
- Liu, Q., Loganathan, P., Hedley, M. J., Grace, L. J. 2007: Effect of Mycorrhizal Inoculation on Rhizosphere Properties, Phosphorus Uptake and Growth of Pine Seedlings Treated With and Without a Phosphate Rock Fertilizer. *Journal of Plant Nutrition*, 31 (1): p. 137-156.

- MAKOTO, K., TAMAI, Y., KIM, Y. S. AND KOIKE, T. 2010: Buried charcoal layer and ectomycorrhizae cooperatively promote the growth of *Larix gmelinii* seedlings. *Plant and Soil*, 327 (1): p. 143-152.
- MELLERT, K. H., GÖTTLEIN, A. 2012: Comparison of new foliar nutrient thresholds derived from van den Burg's literature compilation with established central European references. *Eur. J. Forest. Res.*, 131 (5): p. 1461-1472.
- PIELOU, E. C. 1975: *Ecological diversity*, New York: Willey, 132 p.
- PROLL G., HIETZ P., DELANEY C., KATZENSTEINER K. 2016: Substrate influences ecophysiological performance of tree seedlings. *Tree Physiology*, 36 (1): p. 39-53.
- QUORESCHI, M. A., PICHÉ Y., KHASA, P. D. 2008: Field performance of conifer and hardwood species 5 years after nursery inoculation in the Canadian Prairie Provinces. *New Forests*, 35: p. 235-253.
- REPÁČ, I. 2007: Ectomycorrhiza formation and growth of *Picea abies* seedlings inoculated with alginate-bead fungal inoculum in peat and bark compost substrates. *Forestry*, 80: p. 517-530.
- REPÁČ, I., BALANDA, M., VENCURIK, J., KMEŤ, J., KRAJMEROVÁ, D., PAULE, L. 2014: Effects of substrate and ectomycorrhizal inoculation on the development of two-years-old container-grown Norway spruce (*Picea abies* Karst.) seedlings. *iForest*, 8: p. 487-496.
- REPÁČ, I., SENDECKÝ, M. 2018: Response of juvenile Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) to ectomycorrhizal inoculation of perlite-peat substrates in a nursery. *Journal of Sustainable Forestry*, 37 (8): p. 771-786.
- REPÁČ, I., VENCURIK, J., BALANDA, M. 2013: *Využitie mikrobiálnych prípravkov pri pestovaní sadbového materiálu lesných drevín*. Zvolen: TU Zvolen, 114 p.
- RIKALA, R., JOZEFEK, H. J. 1990: Effect of dolomite lime and wood ash on peat substrate and development of tree seedlings. *Silva Fennica*, 24: p. 323-334.
- RUDAWSKA, M., LESKI, T., TROCHA, L. K., GORNOWICZ, R. 2006: Ectomycorrhizal status of Norway spruce seedlings from bare-root forest nurseries. *Forest Ecology and Management*, 236: p. 375-384.
- SANCHEZ-ZABALA, J., MAJADA, J., MARTÍN-RODRIGUES, N., GONZALEZ-MURUA, CA., ORTEGA, U., ALONSO-GRAÑA, M., ARANA, O., DUÑABEITIA, M. K. 2013: Physiological aspects underlying the improved outplanting performance of *Pinus pinaster* Ait. seedlings associated with ectomycorrhizal inoculation. *Mycorrhiza*, 23 (8): p. 627-640.
- SHANNON, C. E. 1948: A mathematical theory of communications. *The Bell System Technical Journal*, 27: p. 379-423.
- SMITH, S.E., READ, D.J. 2008: *Mycorrhizal symbiosis* (Third edition). London: Academic Press, 787 p.
- TAMMI, H., TIMONEN, S., SEN, R. 2001: Spatiotemporal colonization of Scots pine roots by introduced and indigenous ectomycorrhizal fungi in forest humus and nursery *Sphagnum* peat microcosms. *Canadian Journal of Forest Research*, 31: p. 746-756.
- TJOELKER, M. G., BORATYNSKI, A. AND BUGALA, W. 2007, *Biology and ecology of Norway spruce*, Dordrecht:Springer. 469 p.
- VAAIRO, L-M., TERVONEN, A., HAUKIOJA, K., HAUKIOJA, M., PENNANEN, T., TIMONEN, S. 2009: The effect of nursery substrate and fertilization on the growth and ectomycorrhizal status of containerized and outplanted seedlings of *Picea abies*. *Canadian Journal of Forest Research*, 39: p. 64-75.
- ZHANG, H., YU, H., TANG, M. 2017: Prior contact of *Pinus tabulaeformis* with ectomycorrhizal fungi increases plant growth and survival from damping-off. *New Forests*, 48 (6): p. 855-866.

Summary

The aim of the research was to compare the growth of Norway spruce seedlings inoculated with two ectomycorrhizal commercial treatments, mycelial vermiculite inoculum, vermiculite without mycelium and forest soil with uninoculated control on two peat growth substrates (Gramoflor, Agro CS). The experiment was conducted in glasshouse of Technical University in Zvolen. The spruce seedlings were grown in PVC containers. Growth of seedlings was assessed on the basis of the following characteristics: stem height, dry weight of shoots and roots and root/shoot weight ratio. Assessment of seedlings ectomycorrhizae was based on relative abundance of ectomycorrhizal morphotypes and total ectomycorrhizal colonization. The variety and distribution of ectomycorrhizal morphotypes were evaluated by Hill's richness, Shannon's diversity and Pielou's evenness indices. All the aforementioned parameters were measured and evaluated after first growing season. The results showed that the type of substrate had no effect on the growth and ectomycorrhizae

formation of seedlings. Inoculation affected dry weight of roots, abundance of morphotypes, total colonization and indices. Seedlings inoculated with MycorrhizaRoots had significantly higher root dry weight than soil-inoculated seedlings. Seedlings inoculated with soil had significantly higher relative abundance of two morphotypes and total mycorrhizal colonization than those treated with MycorrhizaRoots, Mycorrhiza Soluble and vermiculite. Values of indices were highest in treatments Vermiculite and especially MycorrhizaRoots. It follows that these inoculations have improved the growth and spread of ectomycorrhizal morphotypes better than other inocula.

PodĎakovanie

Autor ďakuje p. Ing. L. Kmotorkovi (Agrona, s.r.o., Źilina) za poskytnutie rastovĕho substrátu, p. J. PovaĎaĎovej, p. Ing. M. Belkovi a p. J. Rynĕkovi za technickĕ práce. Práce boli vykonanĕ s finanĎnou podporou projektu IPA TU Zvolen 5/2018.

Adresa autorov:

Ing. Tomáš Trĕala
doc. Ing. Ivan Repáč, PhD.
Katedra pestovania lesa
Lesnická fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen
email: tomas.trĕala@zoznam.sk
e-mail: repac@tuzvo.sk

SÚČASNÝ STAV, VARIABILITA KVALITATÍVNYCH ZNAKOV KMEŇOV, KORÚN A ZDRAVOTNÝ STAV (POŠKODENIE) PRIRODZENÝCH POPULÁCIÍ JELŠE SIVEJ (*ALNUS INCANA* [L.] MOENCH.) V OBLASTI ČERGOVA.

Michal BUGALA – Viera ONDREJOVÁ

BUGALA, M., ONDREJOVÁ, V., 2016: Current status, variability of qualitative traits of stems, crowns and health state (damage) of grey alder in the Čergov Mts. *Acta facultatis forestalis*, Zvolen.

The paper evaluates the results obtained by the study of white alder natural populations in the Čergov Mts. The variation is evaluated on six localities according to selected traits of stem and crown. The results indicate a relatively high percentage of valuable individuals characterized by straight or leaning long stems and good natural removal of aborted lateral branches. Concerning the given discriminating traits, individuals were classified into four classes, where 66.1% of stems were classified as the best classes (A, B). The health state of stems and crowns can be considered good. The data acquired are important mainly from point of view of perspective selection of alder population pointed on quality logs production and its consecutive better economical valorization.

Key words: *Alnus incana*, variability, qualitative traits, health state

ÚVOD A PROBLEMATIKA

V poslednom období sa pozornosť lesníckeho výskumu v oblasti základných biologických disciplín venuje štúdiu populácií drevín dôležitých predovšetkým z hľadiska plnenia iných, celospoločenských funkcií. Patrí k nim aj jelša sivá (*Alnus incana*), ktorá je významnou zložkou brehových porastov s veľkou regulačnou a retenčnou schopnosťou pri vysokých vodných stavoch, ale je i dôležitou melioračnou drevinou, ktorá priaznivo pôsobí na vlastnosti pôd, na ktorých rastie (VÁLEK 1977). Ako rýchlorastúca drevina má skrátenú životnosť. Dožíva sa 50–60 rokov, zriedkavo semenné jedince presahujú 120 rokov veku (PAGAN 1996). Jej porasty ovplyvňujú nielen ustálenosť vodných tokov a zachovávajú ich prirodzený ráz, ale sú aj výrazným krajínovtorným prvkom (LUKÁČIK 2002, JAKUBISOVÁ 2009). Okrem biologických a ekologických aspektov sa zvýšená pozornosť začína venovať aj rastovým zákonitostiam a produkčným schopnostiam jelši s ohľadom ich lepšieho hospodárskeho využitia (LUKÁČIK, BUGALA 2005) ako producenta drevnej suroviny pre produkciu biomasy ale i nábytkársky priemysel. Cenené sú predo-

všetkým rôzne technické formy (svalcovité, očkové), ktoré poskytujú kvalitné a esteticky vysoko hodnotné drevo. Pri správnom obhospodarovaní môžu jelše vytvárať stabilné porasty (JAKUBISOVÁ 2013) a zároveň rovné, kvalitné a plnodrevné kmene na stanovištiach, na ktorých by sa iné hospodárske dreviny len ťažko uplatnili (LUKÁČIK, BUGALA 2005). Narastajúci lesnícky a krajinársky záujem o jelšu, ako aj dopyt po kvalitnom jelšovom dreve, podnietili odborníkov z rôznych lesníckych inštitúcií venovať zvýšenú pozornosť záchrane genetiky vysoko hodnotných populácií. Hľadajú sa vhodnejšie spôsoby jej obnovy a pestovania (ŠMELKOVÁ, SARVAŠOVÁ 2007).

Jelšové porasty okrem produkčnej a brehoochranej funkcie priaznivo pôsobia na zlepšovanie chemických a fyzikálnych vlastností pôd. DUKE (1983) uvádza, že objem fixovaného dusíka jedincami jelše lepkavej dosahuje hodnotu až 125 kg/ha ročne pri jedincoch vo veku do 8 rokov a pri jedincoch vo veku do 20 rokov sa táto hodnota pohybuje v rozmedzí 56 – 130 kg/ha za rok. Viazaný dusík spoločne s ľahko rozložiteľnou biomasou listia (približne 2,7 ton/ha/rok) tak predstavuje dispozíciu nezanedbateľného množstva organických a minerálnych látok dôležitých pri kolobehu živín a výžive drevín v ekosystéme.

Cieľom práce bolo v rámci založených výskumných plôch v oblasti Čergova na základe vybraných kvalitatívnych znakov kmeňov, korún, ich zdravotného stavu a poškodenia posúdiť celkovú kvalitu predmetného taxónu v skúmanej oblasti.

METODIKA

Materiál pre predkladanú prácu sa získal na 6-tich lokalitách vo vybraných častiach stredného Slovenska ležiacich v orografickom celku Čergov.

Čergovské pohorie patrí k vonkajšiemu flyšovému pásmu a v základných rysoch bolo vybudované v neogénnej horotvornej fáze. Skúmané územie patrí do sedimentačného pásma flyšovej oblasti pre ktorú sú charakteristické mierne až stredne sklonené tvary budované tvrdšími kriedovými a paleogénnymi pieskovecami. Základnými pôdnymi typmi sú podzoly, hnedé lesné pôdy, rendziny a degradované pseudorendziny. Prevládajúcim klimaticko-geografickým subtypom horských svahových a hrebeňových polôh je horská klíma studená, ktorá v nižších polohách pozvoľna prechádza do chladnej, mierne chladnej až mierne teplej horskej klímy. Charakterizuje ju malá inverzia teplôt a vysoká až veľmi vysoká vlhkosť vzduchu. Údolné polohy sčasti spadajú do subtypu mierne teplej kotlinovej klímy. Priemerný ročný úhrn zrážok je 600 až 900 mm (KOLEKTÍV 1972).

Na každej ploche sa náhodným výberom vybralo 30 úrovňových, príp. nadúrovňových jedincov, na ktorých sa merali a zisťovali taxačno-dendrometrické veličiny a kvalitatívne znaky vybrané na základe vlastných poznatkov podľa už overenej metodiky (LUKÁČIK 2000, LUKÁČIK, BUGALA 2005). Zdravotný stav korún sa posudzuje podľa 5-stupňovej klasifikácie používanej pri hodnoteniach iných drevín (VANÍK 1996). Zatriedenie kmeňov do kvalitatívnych tried (ČERMÁK, HUBAČ 1978) je potom vykonané na základe predchá-

dzajúceho hodnotenia znakov kmeňa, koruny a ich zdravotného stavu. Kvalitatívne triedy boli čiastočne upravené s ohľadom na hodnotený taxón. Jednotlivé znaky sa hodnotili podľa nasledovných stupní:

Rast a priebeh kmeňa:

1. rovný priebežný, 2. šikmý priebežný, 3. pokrivený, 4. šabl'ovitý, 5. iný

Povrch kmeňa:

1. hladký, 2. očkový, 3. iný

Čistenie kmeňa:

1. veľmi dobré (bez adventívnych výhonkov)
2. dobré (1 – 4 adventívne výhonky na 1 m)
3. zlé (5 a viac adventívnych výhonkov na 1 m)

Tvar koruny:

1. vajcovitý, 2. stĺpovitý, 3. dáždnikovitý, 4. metlovitý, 5. iný

Hrúbka konárov 1. stupňa:

1. tenké (v mieste nasadenia nepresahujúce 1/4 hrúbky kmeňa)
2. stredné (v mieste nasadenia od 1/4 do 1/2 hrúbky kmeňa)
3. hrubé (v mieste nasadenia presahujúce 1/2 hrúbky kmeňa)

Zdravotný stav a poškodenie kmeňa:

1. kmeň zdravý
2. kmeň poškodený (mechanicky, hnilobou, mrazom, hubami)
3. kmeň odumierajúci

Zdravotný stav korún:

1. koruna zdravá, plne olistená, s veľkými tmavozelenými listami a normálnymi prírastkami konárov, strata olistenia do 10 %
2. koruna slabo presvetlená, farba listov, niekedy aj ich tvar, vykazujú zmeny (najmä na obvode koruny), strata olistenia 11 – 25 %
 - 3a. koruna stredne presvetlená, začínajú sa deformovať a skracovať bočné konáre, strata olistenia 26 – 40 %
 - 3b. koruna výraznejšie presvetlená, konce bočných konárov začínajú odumierať, pravidelne dochádza k zmene sfarbenia a tvaru listov, strata olistenia 41 – 60 %
4. koruna silne presvetlená, okrem bočných konárov začínajú odumierať aj terminálne výhonky, často sa vyskytuje zmnoženie a zmenšenie listov, veľká časť listov je odumretá, strata olistenia 60 – 90 %

5. koruna odumierajúca, strata olistenia nad 90 %

Kvalita kmeňa:

- A** – kmene rovné, priebežné, plnodrevné, bez adventívnych výhonkov, zdravé, nepoškodené
- B** – kmene rovné, prípadne šikmé, priebežné, plnodrevné, s veľmi dobrým alebo dobrým čistením, s tenkými alebo stredne hrubými konármi, s priemerným počtom 1–4 adventívnych výhonkov na 1 m, bez poškodenia alebo s mechanickým poškodením, so slabo až stredne presvetlenou korunou.
- C** – v porovnaní s kvalitatívnou triedou B môžu byť aj kmene rozkonárené alebo čiastočne pokrivené, so zbiehavým typom kmeňa, hrubými konármi, s výskytom 5 a viac adventívnych výhonkov na 1 m, s mechanickým poškodením alebo mrazovými trhlinami
- D** – kmene šablóvité alebo výrazne pokrivené, vidlicovité alebo rozkonárené, so zlým čistením, s hrubými konármi, s ktorýmkoľvek druhom poškodenia

3 VÝSLEDKY

3.1 Stručná charakteristika založených plôch

Plocha 1 – Livovská Huta

Lesná správa: Malcov, Nadmorská výška: 640 m n. m., Vek porastu: 60 r., Expozícia: SV
Zastúpenie drevín: *Alnus incana* 90 %, *Fagus sylvatica* 5 %, *Acer pseudoplatanus* 5 %, *Fraxinus excelsior*, *Sambucus racemosa*, *Coryllus avelana*, *Lonicera xylosteum*

Plocha 2 – NPR Livovská jelšina

Nadmorská výška: 510 m n. m., Vek porastu: 40 r., Expozícia: S
Zastúpenie drevín: *Alnus incana* 80 %, *Alnus glutinosa* 10 %, *Acer pseudoplatanus* 5 %, *Fraxinus excelsior* 5 %, *Malus sylvestris*, *Cerasus avium*, *Coryllus avelana*, *Sambucus racemosa*

Plocha 3 – Lukov

Lesná správa: Malcov, Nadmorská výška: 480 m n. m., Vek porastu: 30 r., Expozícia: JV
Zastúpenie drevín: *Alnus incana* 70 %, *Salix fragilis* 20 %, *Acer pseudoplatanus* 5 %, *Fraxinus excelsior* 5 %, *Fagus sylvatica* 5 %, *Abies alba* + *Carpinus betulus* +, *Coryllus avelana* +, *Sambucus nigra*, *Lonicera xylosteum*

Plocha 4 – Ľutina

Lesná správa: Sabinov, Nadmorská výška: 520 m n. m., Vek porastu: 30 r., Expozícia: J
Zastúpenie drevín: *Alnus incana* 90 %, *Alnus glutinosa* 5 %, *Acer pseudoplatanus* 5 %, *Acer platanoides* +, *Carpinus betulus* +, *Fagus sylvatica* +, *Abies alba* +, *Coryllus avelana* +, *Euonymus europaeus*, *Swida sanguinea*, *Lonicera xylosteum*, *Prunus spinosa*

Plocha 5 – Kružlov

Lesná správa: Bardejov, Nadmorská výška: 400 m n. m., Vek porastu: 40 r., Expozícia: S
Zastúpenie drevín: *Alnus incana* 90 %, *Alnus glutinosa* 5 %, *Acer platanoides* 5 %, *Fraxinus excelsior* +, *Coryllus avelana* +, *Padus racemosa*, *Euonymus europaeus*, *Swida sanguinea*, *Lonicera xylosteum*

Plocha 6 – Križe

Lesná správa: Bardejov, Nadmorská výška: 530 m n. m., Vek porastu: 30 r., Expozícia: SV
Zastúpenie drevín: *Alnus incana* 90 %, *Acer platanoides* 5 %, *Fraxinus excelsior* 5 %, *Coryllus avelana* +, *Padus racemosa*, *Sambucus nigra*

3.2 Výšková a hrúbková štruktúra skúmaných populácií

Priemerné údaje taxačných veličín sú uvedené v tabuľke 1. Z údajov možno získať základnú predstavu o výškovej, hrúbkovej a vekovej rozrôznenosti porastov sledovaného taxónu v skúmanej oblasti.

Tabuľka 1 Výšková a hrúbková štruktúra jelše sivej v oblasti Čergova.

Table 1 Height and diameter structure of grey alder in the Čergov Mts.

Taxón ¹	Plocha ²	Počet kmeňov ³	Priem. vek ⁴	Rozpätie výšok ⁵	Priemer. výška ⁶	Rozpätie hrúbok ⁷	Priemer. hrúbka ⁸
		ks	roky	m	m	cm	cm
Jelša sivá	1	30	60	21,1 – 26,5	23,5	25,0 – 51,5	36,5
	2	30	40	18,4 – 23,2	20,9	18,5 – 43,5	26,6
	3	30	30	18,6 – 24,1	21,1	19,5 – 37,5	24,2
	4	30	30	18,1 – 26,2	21,7	18,8 – 31,0	23,4
	5	30	40	18,9 – 25,2	21,4	18,9 – 35,0	24,5
	6	30	30	17,8 – 22,6	19,4	18,2 – 39,2	24,1
Σ		180	-	17,8 – 26,5	21,3	18,2 – 51,5	26,6

¹ taxon, ² plot, ³ number of stems, ⁴ average age, ⁵ height range, ⁶ average height, ⁷ range of d.b.h.,

⁸ average d.b.h.

Vysvetlivky: plocha 1 – Livovská Huta, plocha 2 – NPR Livovská jelšina, plocha 3 – Lukov, plocha 4 – Lutina, plocha 5 – Kružlov, plocha 6 – Križe

V oblasti Čergova sa celkovo ohodnotilo 180 kmeňov jelše sivej na šiestich výskumných plochách. Z hodnotenia priemernej výšky vidieť, že táto sa pohybovala v rozpätí 17,8 – 26,5 m. Priemerná hrúbka $d_{1,3}$ kolísala v rozpätí 18,2 – 51,5 cm. Je samozrejmé, že na veľkosť oboch taxačných veličín vplýva viacero faktorov. Je to predovšetkým vek jedincov, ich pôvod, pôdne a klimatické pomery, výška hladiny podzemnej vody a i. Významnú úlohu zohráva i sociologické postavenie jedincov na plochách a ich genetická podmienenosť (LUKÁČIK 2000). Tieto skutočnosti sa vo väčšej či menšej miere prejavili aj pri našich meraniach. Vyššie priemerné hodnoty výšky aj hrúbky sa zaznamenali na plochách s prevahou jedincov semenného pôvodu. Je pravdepodobné, že okrem pôvodu je-

dincov ich rastové vlastnosti ovplyvňujú aj pôdne podmienky a prítomnosť prúdiacej, okysličenej vody.

3.3 Rozbor kvalitatívnych znakov kmeňa

Pri hodnotení kmeňov bola najväčšia pozornosť venovaná znakom, ktoré rozhodujúcou mierou prispievajú k ich zatriedeniu do kvalitatívnych tried a sú dôležitým ukazovateľom ich možného hospodárskeho využitia. Sú to najmä rast a priebeh a čistenie kmeňa od bočných (adventívnych) výhonkov.

Tabuľka 2 Rast a priebeh kmeňa jelše sivej v oblasti Čergova.

Table 2 Growth and stem form of grey alder in the Čergov Mts.

Plocha ¹	Počet kmeňov ²	Rast a priebeh kmeňa ³							
		rovný priebežný ⁴		šikmý priebežný ⁵		šabl'ovitý ⁶		pokrivený ⁷	
		ks	%	ks	%	ks	%	ks	%
1	30	3	10,0	21	70,0	3	10,0	3	10,0
2	30	12	40,0	16	53,3	-	-	2	6,7
3	30	6	20,0	18	60,0	2	6,7	4	13,3
4	30	8	26,7	14	46,7	1	3,3	7	23,3
5	30	21	70,0	6	20,0	-	-	3	10,0
6	30	25	83,3	5	16,7	-	-	-	-
Σ	180	75	41,7	80	44,4	6	3,3	19	10,5

¹ plot, ² number of stems, ³ course of the stem, ⁴ straight, ⁵ skewed, ⁶ sabre-shaped ⁷ distorted

Z hodnotenia rastu a priebehu kmeňa je zrejmé (tab. 2), že na založených plochách dominovali jedince s rovným (41,7%) a šikmým priebežným kmeňom (44,4 %). Najviac jedincov s rovným priebežným kmeňom bolo na ploche 6 – Kríže (83,3 %) a najmenej na ploche 1 – Livovská huta (10,0 %). Na tejto ploche bolo zaznamenaných najviac jedincov s kmeňom šikmým priebežným a to až 70%. Najmenej kmeňov so šikmým rastom sme zistili na ploche 6 – Kríže (16,7 %). Šikmý rast je v jelšových porastoch pomerne častý z dôvodu vkláňania sa jedincov do voľného korunového priestoru. Jedince so šabl'ovitým kmeňom sa vyskytovali na plochách 1 – Livovská huta (10,0 %), 3 – Lukov (6,7%) a 4 – Ľutina (3,3 %). Jedince s pokriveným kmeňom boli zaznamenané na všetkých plochách okrem plochy 6 – Kríže no najviac na ploche 4 – Ľutina kde ich zastúpenie dosiahlo až 23,3%.

3.4 Rozbor kvalitatívnych znakov korún

Zo znakov korún sa hodnotili predovšetkým tie, ktorým sa odbornej literatúre i lesníckej praxi pripisuje dôležitá úloha pri hodnotení celkovej kvality populácií jelší.

Sú to najmä tvar, hrúbka konárov 1. stupňa a uhol ich nasadenia. Z hľadiska produkcie drevnej hmoty patria medzi najcennejšie jedince s vajcovitými príp. stĺpovitými korunami a tenkými konármi vyrastajúcimi pod ostrým uhlom.

Ako je zrejmé z tabuľky 3, na skúmaných plochách boli najviac zastúpené jedince s vajcovitým tvarom koruny a to 54,4 % najviac na ploche 6 – Kríže (70,0 %) a najmenej na ploche 4 – Ľutina (43,3 %). Stromov so stĺpovitou korunou bolo celkovo 30,6 % z celkového počtu stromov, najviac na plochách 1 – Livovská Huta a 4 – Ľutina (zhodne po 40,0 %) a najmenej na ploche 6 – Kríže (13,3 %). Nežiadúci metlovitý tvar korún bol zaznamenaný celkovo u 15,0 % jedincov a vyskytoval sa na všetkých výskumných plochách.

Z hodnotenia hrúbky konárov prvého stupňa vyplýva, že v skúmanej oblasti prevládajú jedince s tenkými (43,3 %) a stredne hrubými (43,4 %) konármi v mieste nasadenia. Hrubé konáre boli zaznamenané celkovo len u 13,3 % jedincov, pričom na ploche 6 – Kríže sa takéto stromy nevyskytovali vôbec.

Tabuľka 3 Tvar korún a hrúbka konárov 1. stupňa jelše sivej v oblasti Čergova.

Table 3 Crown forms and thickness of branches of grey alder in the Čergov Mts.

Plocha ¹	Počet kmeňov ²	Tvar koruny ³						Hrúbka konárov 1. stupňa ⁷					
		vajcovitý ⁴		stĺpovitý ⁵		metlovitý ⁶		tenké ⁸		stredné ⁹		hrubé ¹⁰	
	ks	ks	%	ks	%	ks	%	ks	%	ks	%	ks	%
1	30	15	50,0	12	40,0	3	10,0	15	50,0	11	36,7	4	13,3
2	30	17	56,7	7	23,3	6	20,0	4	13,3	18	60,0	8	26,7
3	30	16	53,4	10	33,3	4	13,3	10	33,3	14	46,7	6	20,0
4	30	13	43,3	12	40,0	5	16,7	6	20,0	21	70,0	3	10,0
5	30	16	53,4	10	33,3	4	13,3	19	63,3	10	33,3	1	3,3
6	30	21	70,0	4	13,3	5	16,7	24	80,0	6	20,0	-	-
Σ	180	98	54,4	55	30,6	27	15,0	78	43,3	80	44,4	22	12,2

¹ plot, ² number of stems, ³ shape of crown, ⁴ egg-shaped, ⁵ columnar, ⁶ broom-shaped, ⁷ thickness of branches,

⁸ thin, ⁹ medium, ¹⁰ large

3.5 Hodnotenie zdravotného stavu a poškodenia kmeňov a korún

V rámci posúdenia zdravotného stavu a poškodenie skúmaného taxónu sa osobitná pozornosť venovala kmeňom a korunám hodnotených jedincov. Výsledky hodnotenia sú uvedené v tabuľke 4.

Na základe zistených skutočností možno konštatovať, že na založených plochách jednoznačne prevládajú kmene bez vonkajších známkov poškodenia a tvoria až 80,0 % všetkých jedincov.

Najviac zdravých nepoškodených jedincov sa nachádzalo na ploche 2 – NPR Livovská jelšina a to až 93,3 %. Z hodnotených druhov poškodenia bolo zaznamenané poškodenie mechanické celkovom zastúpení 8,3 %, pričom najvyššie bolo na ploche 4 – Ľutina

(16,7 %). Na rovnakej úrovni (8,3 %) bolo zistené aj poškodenie hnilobou. To sa v najväčšej miere prejavilo na ploche 6 – Kríže, kde bolo hnilobou poškodených až 23,3 % kmeňov. Poškodenie mrazom bolo nepatrné, a bolo zistené len u 3,3 % všetkých meraných a posudzovaných kmeňov.

Tabuľka 4 Zdravotný stav (poškodenie) kmeňov jelše sivej v oblasti Čergova.
Table 4 Health state (damage) of stems of grey alder in the Čergov Mts.

Plocha ¹	Počet kmeňov ²	Zdravotný stav a poškodenie kmeňa ³							
		zdravý ⁴		poškodený hnilobou ⁵		poškodený mechanicky ⁶		poškodený mrazom ⁷	
		ks	%	ks	%	ks	%	ks	%
1	30	26	86,7	-	-	2	6,7	2	6,7
2	30	28	93,3	1	3,3	1	3,3	-	-
3	30	22	73,3	4	13,3	3	10,0	1	3,3
4	30	21	70,0	2	6,7	5	16,7	2	6,7
5	30	24	80,0	1	3,3	4	13,3	1	3,3
6	30	23	76,7	7	23,3	-	-	-	-
Σ	180	144	80,0	15	8,3	15	8,3	6	3,3

¹ plot, ² number of stems, ³ health state (damage) of stems, ⁴ healthy, ⁵ rot damaged, ⁶ mechanically damaged, ⁷ frost damaged

Tabuľka 5 Zdravotný stav korún jelše sivej v oblasti Čergova.
Table 5 Health state (damage) of grey alder crowns in the Čergov Mts.

Plocha ¹	Počet kmeňov ²	Zdravotný stav a poškodenie korún ³							
		1		2		3a		3b	
		ks	%	ks	%	ks	%	ks	%
1	30	20	66,7	8	26,7	1	3,3	1	3,3
2	30	19	63,3	8	26,7	2	6,7	1	3,3
3	30	23	76,7	5	16,7	1	3,3	-	-
4	30	18	60,0	7	23,3	3	10,0	1	3,3
5	30	19	63,3	6	20,0	3	10,0	2	6,7
6	30	25	83,3	5	16,7	-	-	-	-
Σ	180	124	68,9	39	21,7	10	5,6	5	2,8

¹ plot, ² number of stems, ³ health state (damage) of crown: 1 - zdravá (healthy) 2 - slabo presvetlená (weakly damaged) 3a - stredne presvetlená, (medium damaged), 3b - výraznejšie presvetlená (strongly damaged)

Jedince na skúmaných plochách sa vyznačovali i veľmi dobrým zdravotným stavom korún (tabuľka 5). Až 68,9 % jedincov malo koruny zdravé, nepoškodené. Najviac jedincov so zdravými korunami sa nachádzalo na ploche 6 – Kríže (83,3 %). Na ostatných plochách zastúpenie presahovalo 60,0 %. Koruny slabo presvetlené sa vyskytovali v intervale 16,7 % - 26,7 %. Koruny stredne a výraznejšie presvetlené (stupeň 3a, 3b) sa na plochách

nachádzali výnimočne a tvorili len 5,6 % resp. 2,8 % z celkového počtu stromov. Silnejšie poškodenie korún na sledovaných plochách zaznamenané nebolo.

3.5 Hodnotenie celkovej kvality populácií

Pre lepšie posúdenie kvality kmeňov jelše sivej podľa vonkajších znakov a ich možného využitia z hľadiska sortimentácie a ich ďalšieho hospodárskeho využitia sa tieto zaradili do štyroch kvalitatívnych tried. Priemerné zastúpenie kmeňov v kvalitatívnych triedach je uvedené v tabuľke 6.

Tabuľka 6 Zastúpenie jelše sivej v kvalitatívnych triedach v oblasti Čergova.
Table 6 Share of the quality classes of grey alder in the Čergov Mts.

Plocha ¹	Počet kmeňov ²	Kvalitatívne triedy ³							
		A		B		C		D	
	ks	ks	%	ks	%	ks	%	ks	%
1	30	7	23,3	14	46,7	8	26,7	1	3,3
2	30	2	6,7	5	16,7	18	60,0	5	16,7
3	30	7	23,3	14	46,7	8	26,7	1	3,3
4	30	6	20,0	10	33,3	11	36,7	3	10,0
5	30	14	46,7	13	43,3	3	10,0	-	-
6	30	21	70,0	6	20,0	3	10,0	-	-
Σ	180	57	31,7	62	34,4	51	28,3	10	5,6

¹plot, ² number of stems, ³ quality of stem

Z celkového počtu hodnotených kmeňov spĺňalo kritériá pre zaradenie do najvyššej kvalitatívnej triedy A 31,7% jedincov. Najväčšie zastúpenie kmeňov tejto kvalitatívnej triedy bolo na ploche 6 – Kríže a to až 70,0%. Do kvalitatívnej triedy B bolo celkovo zaradených 34,4% kmeňov. Najviac jedincov tejto kvalitatívnej triedy bolo na plochách 1 – Livovská Huta a 3 – Lukov (zhodne po 46,7 %).

Kritéria pre zaradenie do kvalitatívnej triedy C spĺňalo 28,3% kmeňov. Najviac takýchto jedincov sa nachádzalo na ploche 2 – NPR Livovská jelšina (60,0%) a najmenej na plochách 5 – Kružlov 6 – Kríže (10,0 %). V kvalitatívnej triede D sa vyskytlo najmenej jedincov. Predstavovali len 5,6% z celkového počtu hodnotených kmeňov. Na základe zistených výsledkov možno hodnotiť vývoj celkovej kvality kmeňov na sledovaných plochách ako priaznivý.

4 DISKUSIA

Jelša sivá je na Slovensku rozšírené od nížin až do vyšších horských polôh. Je to slnná drevina s vyššími nárokmi na pôdnu vlhkosť. Podľa PRUSINKIEWICZA (1975 ex ŠÁLY 1988) je zaradovaná mezohydrofytom. Vyžaduje najmä stanovištia s prúdiacou,

okysličenou vodou a prevzdušnenou pôdou, čím sa vysvetľuje jej výskyt na suťoviskách a pôdach s vysokým obsahom skeletu (PAGAN 1996). Na uľahnutých a málo prevzdušnených pôdach má slabý rast a často hynie (SVOBODA 1957). Je významná svojou symbiózou s nitrogénnymi organizmami (aktinomycéty), ktoré obohacujú pôdu o dusík.

Z kvalitatívneho hľadiska sú najviac cenené jedince s rovným, priebežným kmeňom, bez adventívnych výhonkov. Podľa DÉRERA (1970) je šikmý priebežný rast jedincov spôsobený skutočnosťou, že koruny sa odkláňajú za svetlom k voľnejším priestorom. Môžu tak predstavovať nebezpečenstvo vzniku fenotypov s dedičnou dispozíciou ku krivosti. Na založených plochách prevládali jedince s rovným priebežným (41,7 %) a šikmým priebežným kmeňom (44,4 %). V malej miere sa zaznamenal aj výskyt jedincov s pokriveným (10,5 %) a šabl'ovitým rastom (3,3 %).

Dôležitými ukazovateľmi pri hodnotení kvality každého jedinca sú aj znaky koruny. Je to predovšetkým jej tvar, hrúbka konárov 1. stupňa a uhol ich nasadenia. Jedince so stĺpovitou alebo vajcovitou korunou, nasadenou v hornej štvrtine, s tenkými konármi, sú z hľadiska produkcie a kvality dreva vysoko cenené, lebo aj čistenie kmeňa je v takomto prípade rýchlejšie (PAGAN 1996, LUKÁČIK 2000). Vývoj kvalitatívnych znakov korún v skúmanej oblasti je veľmi priaznivý, pretože na založených plochách výrazne prevládali jedince s vajcovitými korunami (54,4 %), tenkými (43,3 %) a stredne hrubými konármi (44,4 %).

Pri posudzovaní celkovej kvality porastov jelše sivej zohráva dôležitú úlohu aj ich zdravotný stav a poškodenie. Z literatúry je známe, že jelša sivá patrí k drevinám, ktoré sú pomerne málo poškodzované abiotickými činiteľmi a biotickými škodcami (VANÍK ET AL. 1999). Táto skutočnosť sa potvrdila i na založených plochách, keď z celkového počtu jedincov na všetkých plochách bolo až 80,0 % zdravých, bez vonkajších známok poškodenia. Z poškodení sa najviac prejavila hniloba a poškodenie mechanické (zhodne po 8,3 %), minimálne je poškodenie mrazom (3,3 %). Zdravotný stav korún sa hodnotil na základe straty asimilačných orgánov a stupňa ich odfarbenia. Zdravú, takmer plne olistenú korunu malo (68,9 %) posudzovaných jedincov, slabo presvetlené koruny sa zaznamenali v 21,7 % prípadov. Prakticky na všetkých plochách sa nachádzali aj jedince s výraznejšie presvetlenými korunami (5,6 %) a na štyroch plochách i jedince so silne presvetlenými korunami (2,8 %). Príčiny preriedovania korún sú veľmi variabilné. Prvotné príznaky sa objavujú na koncových výhonkoch tenkých konárov v korunách, ktoré vykazujú znížený prírastok a strácajú olistenie. Následne sa môžu objaviť malé lístky, čo je spôsobené nedostatkom živín vzhľadom k poruchám funkcií vodného režimu a vedenia živín v odumierajúcich stromoch, ale zrejme aj vplyvom odumierania koreňového systému (JANČAŘÍK 1993).

Analýza kvalitatívnych znakov kmeňov a korún poukazuje na pomerne vysoký výskyt kvalitných populácií jelše sivej v oblasti Čergova, pretože do najvyšších kvalitatívnych tried A a B bolo zaradených až 66,1 % hodnotených kmeňov. Do kvalitatívnej triedy

C bolo zaradených 28,3 % a do najhoršej kvalitatívnej triedy D len 5,6 % kmeňov.

Okrem podmienok prostredia kvalitatívne znaky hodnoteného taxónu ovplyvňuje mnoho iných faktorov. Je to predovšetkým vek a pôvod jedincov, ich genetické vlastnosti, sociologické postavenie v poraste, čo vo väčšej miere potvrdili aj výsledky tejto práce.

5 ZÁVER

Poznatky získané z rozboru kvalitatívnych znakov kmeňov, korún a rastových vlastností prirodzených populácií jelše sivej v oblasti Poľany poukázali na pomerne veľké rozdielnosti týchto znakov medzi jednotlivými lokalitami. Možno predpokladať, že premenlivosť týchto znakov je okrem genetickej podmienenosti ovplyvnená najmä konkrétnymi podmienkami prostredia, ale aj individuálnymi vlastnosťami jedincov, ich sociologickým postavením na ploche, čo bude potrebné ďalej overovať.

Získané informácie sú významné nielen z hľadiska lepšieho poznania ekológie a rastových vlastností predmetného taxónu, ale sú dôležitým odrazovým mostíkom pre zatriedňovanie jednotlivých populácií do pripravovaných fenotypových kategórií s perspektívou ich ďalšej selekcie na kvalitu a lepšiu hospodársku využiteľnosť (LUKÁČIK, BUGALA 2004).

Príspevok vznikol s finančnou podporou grantových projektov: VEGA 1/0521/13 a KEGA 020TU Z-4/2015.

Literatúra

- ČERMÁK, V., HUBAČ, K., 1978: Sortimentné tabuľky pre listnaté dreviny. Príroda, Bratislava, 162 s.
- DÉRER, L., 1970: Pestovanie jelší. Príroda, Bratislava, 162 s.
- DUKE, J., 1983: Handbook of Energy Crops, unpublished. 24.3.2009; dostupné na: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Alnus_glutinosa.html>
- JAKUBISOVÁ, M. 2009: Význam brehovej vegetácie v protieróznej ochrane krajiny. **In:** Dreslerová, J. (ed.): Venkovská krajina 2009. Zborník zo 7. ročníka medzinárodnej medziodborovej konferencie. Brno: MZLU, LDF, s. 70–77.
- JAKUBISOVÁ, M. 2013: Hodnotenie breho ochranného pôsobenia prirodzených biologických pozdĺžnych spevnení v prítokoch vodárenskej nádrže Hriňová. In Vodárenská biológia 2013 : Praha, hotel DAP 6.-7.2.2013 : zborník konferencie / ed. Jana Řihová Ambrožová. - Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor, 2013, s. 53–59.
- JANČÁŘÍK, V., 1993: Usychání olší. *Lesnická práce* 1, (72): 14-16.
- KOLEKTÍV, 1972: Slovensko II. Príroda, Obzor, Bratislava, 971 s.
- LUKÁČIK, I., 2000: Súčasný stav porastov jelše lepkavej (*Alnus glutinosa* [L.] Gaertn.) v Juhoslovenskej kotline. **In:** Pestovanie lesa v zmenených ekologických podmienkach. Technická univerzita Zvolen, s. 109-112.
- LUKÁČIK, I., 2002: Biodiverzita, rastová charakteristika a kvalita porastov jelše lepkavej (*Alnus glutinosa* [L.] Gaertn.) v regióne Zvolen – Banská Bystrica. **In:** BENČAĽ, T., SOROKOVÁ, M. (eds.): Biodiverzita a vegetačné štruktúry v sídelnom regióne Zvolen - Banská Bystrica. PARTNER z. p. Banská Bystrica s. 103-108.
- LUKÁČIK, I., BUGALA, M., 2004: Premennivosť kvalitatívnych znakov kmeňov, korún a rastových vlastností jelše lepkavej (*Alnus glutinosa* [L.] Gaertn.) a jelše sivej (*Alnus incana* [L.] Moench.) v Turčianskej Kotline. *Acta facultatis forestalis Zvolen*, XLVI, 2004, s. 23-35.

- LUKÁČIK, I., BUGALA, M., 2005: Premennivosť, rastová charakteristika a ekológia jelše lepkavej (*Alnus glutinosa* [L.] Gaertn.) a jelše sivej (*Alnus incana* [L.] Moench.) na Slovensku. Vedecké a pedagogické aktuality. Technická univerzita Zvolen, 68 s.
- PAGAN, J., 1996: Lesnícka dendrológia. Technická univerzita Zvolen, 378 s.
- PAULE, L., 1992: Genetika a šľachtenie lesných drevín. Príroda, Bratislava, 304 s.
- SVOBODA, P., 1957: Lesní dřeviny a jejich porosty III. Státní zemědělské nakladatelství Praha, 573 s.
- ŠÁLY, R., 1988: Pedológia a mikrobiológia Vysoká škola lesnícka a drevárska . Zvolen, 378 s.
- ŠMELKOVÁ, L., SARVAŠOVÁ, I. 2007: Klíčenie a rast semenáčikov rodu *Alnus* z peletizovaného semena **In:** Sarvaš M., Sušková M. (eds): Aktuálne problémy lesného škôlkárstva, semenárstva a umelej obnovy lesa. Národné lesnícke centrum, Zvolen s. 123–129.
- VANÍK, K., 1996: Vplyv klimatických činiteľov na zdravotný stav dubových porastov.
- HLAVÁČ, P. (eds.): Podmienky, príčiny a prognóza škôd kalamitného charakteru v lesných porastoch, Technická univerzita, Zvolen, s. 57-59.
- VANÍK, K., KODRÍK, J., HLAVÁČ, P., REINPRECHT, L., 1999: Lesnícka fytopatológia. Technická univerzita, Zvolen, 166 s.
- VÁLEK, Z., 1977: Lesní dřeviny jako vodohospodářský a protierozný činitel. SZN Praha, 203 s.

Adresa autora:

Ing. Michal Bugala, PhD.

Katedra pestovania lesa

Lesnícka fakulta

Technická univerzita vo Zvolene

T. G. Masaryka 24

960 01 Zvolen

bugala@tuzvo.sk

Súčasný stav, variabilita kvalitatívnych znakov kmeňov, korún a zdravotného stavu (poškodenia) prirodzených populácií jelše sivej (*Alnus incana* (L.) Moench.) v oblasti Čergova.

Abstrakt

V práci sa uvádzajú výsledky získané pri štúdiu premenlivosti prirodzených populácií jelše v oblasti Čergova. Premennivosť sa hodnotí na 6 lokalitách na základe vybraných kvalitatívnych znakov kmeňa, koruny a borky. Výsledky poukazujú na pomerne veľké percentuálne zastúpenie jedincov s rovnými (41,7 %), prípadne šikmými priebežnými kmeňmi (44,4 %), s dobrým čistením od bočných konárov. Na základe týchto a ďalších kvalitatívnych znakov boli hodnotené jedince zaradené do štyroch kvalitatívnych tried, pričom do najvyšších tried (A,B) bolo zaradených 66,1 % kmeňov. Zdravotný stav kmeňov a korún hodnoteného taxónu bol vcelku dobrý a rôznili sa podľa jednotlivých lokalít. Získané informácie sú významné najmä z hľadiska ďalšej selekcie populácií taxónu na kvalitu a jeho lepšiu hospodársku využiteľnosť.

Kľúčové slová: *Alnus incana*, premenlivosť, kvalitatívne znaky, zdravotný stav